

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**Eliana Fernandes Souza**

**Galactomanana de fava-d'anta: caracterização e aplicação**

**Montes Claros**

**2021**

**Eliana Fernandes Souza**

**Galactomanana de fava-d'anta: caracterização e aplicação**

**Versão final**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

**Orientador:** Dr. Ernane Ronie Martins

Montes Claros

Julho de 2021

Souza, Eliana Fernandes.

S719g  
2021

Galactomanana de fava-d'anta: caracterização e aplicação [manuscrito] / Eliana Fernandes Souza. Montes Claros, 2021.

60 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Área de concentração em Produção Vegetal. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador(a): Ernane Ronie Martins.

Banca examinadora: Bruna Castro Porto, Delacyr da Silva Brandão Junior e Ernane Ronie Martins.

Inclui referências.

1. Dimorphandra mollis. 2. Sementes. 3. Fruticultura. 4. Cerrados. I. Martins, Ernane Ronie. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 634.1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

### ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos 30 dias do mês de junho de 2021, às 08:00 horas, sob a Presidência do Professor Ernane Ronie Martins, D. Sc. (Orientador – UFMG/ICA) e com a participação dos Professores Delacyr da Silva Brandão Júnior, D. Sc. (UFMG/ICA) e Bruna Castro Porto, D. Sc. (IFNMG), reuniu-se, por videoconferência, a Banca de defesa de dissertação de **ELIANA FERNANDES SOUZA**, aluna do Curso de Mestrado em Produção Vegetal. A dissertação foi intitulada: "Galactomanana de fava-d'anta: Caracterização e aplicação", sendo a aluna considerada **APROVADA**. E, para constar, eu, Professor Ernane Ronie Martins, Presidente da Banca, lavrei a presente ata que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.

OBS.: A aluna somente receberá o título após cumprir as exigências do ARTIGO 68 do regulamento do Curso de Mestrado em Produção Vegetal, conforme apresentado a seguir:

Art. 68 Para dar andamento ao processo de efetivação do grau obtido, o candidato deverá, após a aprovação de sua Dissertação ou Tese e da realização das modificações propostas pela banca examinadora, se houver, encaminhar à secretaria do Colegiado do Programa, com a anuência do orientador, no mínimo 3 (três) exemplares impressos e 1 (um) exemplar eletrônico da dissertação ou, 4 (quatro) exemplares impressos e 1 (um) exemplar eletrônico da tese, no prazo de 60 (sessenta) dias.

Montes Claros, 30 de junho de 2021.

Assinatura dos membros da banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por Ernane Ronie Martins, Presidente, em 30/06/2021, às 10:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Bruna Castro Porto, Usuário Externo, em 30/06/2021, às 11:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Delacyr da Silva Brandão Junior, Professor do Magistério Superior, em 02/07/2021, às 07:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

## AGRADECIMENTOS

A Deus por sua infinita misericórdia e providência durante todo o processo do mestrado. A pós-graduação foi um grande exercício de fé.

Ao Professor Dr. Ernane pela oportunidade, paciência, compreensão, ensinamentos e por ter me inspirado a continuar em meu percurso acadêmico. Meu muito obrigada!

À Francine por todo o ensinamento, sabedoria, conselhos, amizade... Sentirei muita saudade dos nossos cafés...

À UFMG, Campus Instituto de Ciências Agrárias pela oportunidade.

À CAPES pela bolsa, à FAPEMIG pelos recursos financeiros.

À minha irmã Jucineia por todo o incentivo e amizade.

Aos meus pais por todo amor e compreensão.

Aos meus amigos que sempre estão comigo, mesmo a milhares de Km de distância.

Aos meus clientes e amigos do Atelier da Semijoia que me ajudou muito, no início do mestrado, quando eu não tinha bolsa.

Ao PET agronomia, em especial, à Estelle, Gaby, Amanda, Gicelle, Naiara, Neilma, por terem me ajudado no experimento.

Aos amigos do laboratório de Plantas Medicinais.

À Professora Leidivan pelo exemplo e incentivo.

Não poderia de deixar de agradecer aos Professores do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal pelos ensinamentos.

Aos secretários do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal pela prontidão e amizade.

Aos servidores e funcionários da UFMG por torná-la tão especial.

À bibliotecária Rachel pela amizade.

Aos amigos do PPPV, companheiros de jornada.

Aos amigos de Montes Claros pelos momentos felizes.

À Luma e a Renata por compreender a minha ausência na FoodTest.

Ao Professor Dr. Rodrigo Lambert Oréfice e ao laboratório de Engenharia de Polímeros e Compósitos (LEPCom) da UFMG pelas análises de TGA.

À pesquisadora Dra. Kirley do Laboratório de Multiusuário de Química de Produtos Naturais da Embrapa Agroindústria Tropical pelas análises de FTIR e RMN.

Ao Sergio, pelas análises de proteína.

A todos que de forma direta ou indireta que ajudaram na construção deste sonho, o meu muito obrigada!

“Dê-me, Senhor,  
Agudeza para entender,  
Capacidade para reter,  
Método e faculdade para aprender,  
Sutileza para interpretar,  
Graça e abundância para falar.  
Dê-me, Senhor,  
Acerto ao começar,  
Direção ao progredir e  
Perfeição ao concluir”.

(São Tomás de Aquino)

## Galactomanana de fava-d'anta: caracterização e aplicação

### RESUMO

O Norte de Minas Gerais é uma das regiões que mais faz o extrativismo dos frutos da favela ou fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.), que são destinados à extração de flavonoides. Os frutos são coletados normalmente ainda verdes, antes de ter sementes completamente desenvolvidas, que são ricas em galactomanana de qualidade tecnológica. A galactomanana é utilizada como emulsificante, estabilizante e espessante pela indústria. Os frutos maduros da fava-d'anta, que não são aceitos pelo mercado de flavonoides, poderiam ser uma fonte de galactomanana e, também, de flavonoides. Desta forma, poderia haver o aproveitamento mais lucrativo da espécie. Os objetivos do trabalho foram: a) estimar a produtividade de frutos e compostos químicos em áreas de Cerrado; b) avaliar as técnicas de extração de galactomanana; c) realizar a caracterização físico-química das galactomananas; d) analisar o teor de flavonoides nos frutos maduros de *D. mollis*; e) desenvolver aplicação tecnológica para tratamento pós-colheita de frutos de banana. Na estimativa da produtividade, os frutos de *D. mollis* foram coletados com o auxílio de podão na região de Bonito de Minas, em 2018 e 2019, em 50 parcelas de 1000 m<sup>2</sup>. Análises morfológicas foram realizadas nos frutos maduros advindos das regiões de Bonito de Minas, São João da Lagoa, Montes Claros e Olhos-d'água. Os frutos foram triturados, obtendo-se duas frações de cascas com diferentes granulometrias e determinou-se o teor de rutina nas cascas por cromatografia líquida de alta eficiência. A galactomanana das sementes de *D. mollis* da região de Bonito de Minas foi caracterizada pelas técnicas de termogravimetria, infravermelho com transformada de Fourier e de proteínas. O gel das sementes de *D. mollis*, juntamente com o óleo essencial da *Pimenta dioica*, foi aplicado como revestimento em banana. O rendimento médio de galactomanana em relação à massa de sementes, foi de 41,5%. A estimativa de produtividade de galactomanana por hectare no ano de 2018 em Bonito de Minas foi de 90,5 ± 55,2 g e em 2019 de 173,2 ± 135,2 g por hectare. A galactomanana possui boa estabilidade térmica e rendimento. O extrato concentrado da fração de cascas finas e cascas grossas apresentaram, respectivamente, 70,08% de rutina e 56,25% de rutina. O revestimento de gel das sementes de *D. mollis*, com o óleo essencial da *P. dioica*, apresentou potencial para a utilização na conservação de frutos de banana cv. Prata.

**Palavras-chave:** Goma. Rutina. Sementes. Revestimentos. *Pimenta dioica*. *Dimorphandra mollis*.

## ABSTRACT

The North of Minas Gerais is one of the regions that do most the extractivism of the fruits of the favela or fava-d'anta (*Dimorphandra mollis Benth.*), which are destined for the extraction of flavonoids. Fruits are usually collected while still unripe, before having fully formed seeds, which are rich in technological quality galactomannan. Galactomannan is used as an emulsifier, stabilizer and thickener by industry. The ripe fruits of fava-d'anta, which are not accepted by the flavonoid market, could be a source of galactomannan and also of flavonoids. In this way, there could be the most profitable enjoyment of the species. The objectives of the work were: a) estimate the productivity of fruits and chemical compounds in Cerrado areas; b) evaluate galactomannan extraction techniques; c) perform the physicochemical characterization of galactomannans; d) analyze the flavonoid content in mature *D. mollis* fruits; and, e) develop technological application for post-harvest treatment of banana fruits. In the estimation of productivity, the fruits of *D. mollis* were collected with the aid of a trimmer in the Bonito de Minas region in 2018 and 2019, in 50 plots of 1000 m<sup>2</sup>. Morphological analysis were performed on mature fruits from the regions of Bonito de Minas, São João da Lagoa, Montes Claros and Olhos-d'água. The fruits were crushed, obtaining two fractions of husks with different particle sizes, and the rutin content in the husks was determined by high-performance liquid chromatography. The galactomannan from *D. mollis* seeds from Bonito de Minas region was characterized by techniques of thermogravimetry, Fourier transform infrared and protein. The gel from the seeds of *D. mollis* together with the essential oil of the Pepper. dioic was applied as a coating on bananas. The average yield of galactomannan in relation to seed mass was 41.5%. The productivity estimate of galactomannan per hectare in 2018 was  $90.5 \pm 55.2$  g and in 2019, it was  $173.2 \pm 135.2$  g per hectare. Galactomannan has good thermal stability and yield. The concentrated extract of the fraction of thin and thick husks presented respectively 70.08% of rutin and 56.25% of rutin. The gel coating of the *D. mollis* seeds with P. dioic essential oil showed potential for use in the conservation of banana cv. Silver.

**Keywords:** Gum. Rutin. Seeds. Coatings. Dioic pepper. *Dimorphandra mollis*.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Árvore da fava-d'anta ( <i>Dimorphandra mollis</i> Benth.) .....	13
Figura 2 - Árvore da fava-d'anta ( <i>Dimorphandra mollis</i> Benth.) com frutos verdes.....	14
Figura 3 - Inflorescência da fava-d'anta ( <i>Dimorphandra mollis</i> Benth.).....	14
Figura 4 - Frutos verdes da fava-d'anta ( <i>Dimorphandra mollis</i> Benth.).....	15
Figura 5 - Frutos maduros da fava-d'anta ( <i>Dimorphandra mollis</i> Benth.).....	15
Figura 6 - Fruto maduro e sementes da fava-d'anta ( <i>Dimorphandra mollis</i> Benth.).....	16
Figura 7 - Estrutura química da rutina.....	17
Figura 8 - Estrutura química da galactomanana .....	18
Quadro 1 – Formulações de revestimentos comestíveis e efeitos observados em frutos de banana.....	21

## LISTA DE TABELAS

<b>4.1 Artigo 1 - Produtividade de galactomanana e flavonoides em frutos maduros de <i>Dimorphandra mollis</i>: Uma alternativa de agregação de valor na cadeia produtiva da espécie.....</b>	<b>26</b>
Tabela 1 - Biometria de frutos e sementes de <i>Dimorphandra mollis</i> proveniente de quatro municípios do Norte de Minas Gerais. ....	35
Tabela 2 - Rendimento de extração de galactomanana, em relação à massa de sementes, em seis métodos adaptados dos autores Cunha et al. (2009), Panegassi; Serra; Buckeridge, (2000). ....	36
Tabela 3 - Produção de frutos verdes (kg/ha), número de plantas produtivas de <i>Dimorphandra mollis</i> em cinco áreas do município de Bonito de Minas. ....	38
Tabela 4 - Estimativa de produtividade de sementes e galactomanana (g/ha) em cinco áreas do município de Bonito de Minas. ....	38
Tabela 5 - Estimativa de produtividade de sementes e galactomanana (g) por planta em cinco áreas do município de Bonito de Minas. ....	39

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	12
2.1	Objetivo geral .....	12
2.2	Objetivos específicos.....	12
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	13
3.1	Fava-d'anta ( <i>Dimorphandra mollis</i> Benth.) .....	13
3.1.1	Rutina .....	16
3.1.2	Galactomanana .....	17
3.1.3	Extração de galactomanana.....	19
3.2	Revestimentos comestíveis.....	20
3.3	REFERÊNCIAS .....	22
<b>4</b>	<b>ARTIGOS</b> .....	26
4.1	Artigo 1 - Produtividade de galactomanana e flavonoides em frutos maduros de <i>Dimorphandra mollis</i> : uma alternativa de agregação de valor na cadeia produtiva da espécie	26
4.2	Artigo 2 - Sementes de fava-d'anta como fonte de gel para aplicação em frutos de banana em pós-colheita .....	47

## 1 INTRODUÇÃO

A fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.) é uma espécie nativa do Cerrado, de alto potencial econômico, por apresentar propriedades medicinais. É rica em rutina, quercetina, ramnose e galactomanana. A rutina e a quercetina pertencem à classe dos flavonoides e são largamente utilizadas pela indústria farmacêutica e cosmética, principalmente no exterior (MENDES; MARTINS; FIGUEIREDO, 2013).

Os frutos são coletados ainda verdes, pouco tempo antes do enchimento das sementes as quais são ricas em galactomanana de alta qualidade, semelhantes às gomas tradicionalmente comercializadas como a goma guar e goma locusta (PANEGASSI; SERRA; BUCKERIDGE, 2000). Dessa forma, o extrativismo dos frutos maduros da fava-d'anta, não aceitos pelo mercado de flavonoides, poderiam ser uma grande fonte de galactomanana, além disso, de flavonoides também.

A coleta de frutos maduros poderia ser uma opção para aproveitamento mais lucrativo da espécie, bem como diminuiria o déficit da balança comercial brasileira de importação de galactomanana e diversificaria a cadeia produtiva da fava-d'anta, gerando emprego e renda. Por outro lado, a coleta de frutos maduros é mais fácil e menos danosa às plantas, por não ser necessário o corte de galhos ou cachos de frutos. Mas faz-se necessário investigar os teores de flavonoides e galactomanana nos frutos secos. As galactomananas são biopolímeros que possuem vasto uso nas indústrias alimentícia, biomédica, química, têxtil, petroquímica, mineradora, papelreira, farmacêutica e cosmética. É utilizadas como espessante, emulsificante, gelificante e estabilizante (SHARMA *et al.*, 2018; SHARMA *et al.*, 2020).

Este trabalho teve como objetivos estimar a produtividade de galactomanana, caracterização físico-química e extração de flavonoides em frutos maduros de *Dimorphandra mollis*, além de avaliar uma aplicação tecnológica.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Estimar a produtividade de galactomanana e flavonoides de frutos maduros de *Dimorphandra mollis*, realizar a caracterização físico-química da galactomanana e desenvolver e avaliar uma aplicação tecnológica para a galactomanana.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Determinar o rendimento de galactomanana por área;
- Definir o método de melhor desempenho na extração de galactomanana;
- Realizar a caracterização físico-química da galactomanana;
- Determinar o teor de flavonoides em frutos maduros;
- Desenvolver aplicação tecnológica da galactomanana de *D. mollis* em pós-colheita de banana.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.)

A *Dimorphandra mollis* Benth. é conhecida popularmente como fava-d'anta, faveiro, faveira, favela, faveiro-do-campo, farinha-seca, canafístula, barbatimão-falso, barbatimão-de-folha-miúda (FIGURA 1; FIGURA 2). É uma árvore decídua, heliófila, pioneira, seletiva xerófila (LORENZI, 1992) pertencente à família Fabaceae. A espécie é nativa, tem ocorrência nos estados de Minas Gerais, Pará, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Distrito Federal, Bahia, Ceará, Maranhão, Piauí, Rondônia e Tocantins (SOUZA; LIMA, 2020).

É uma espécie de porte arbóreo, com altura entre 8 a 14 metros e a madeira é utilizada para a confecção de caixas, brinquedos, compensados, forros, painéis, lenha e carvão. A árvore pode ser utilizada para ornamentação e em recuperação de áreas degradadas, pois tem facilidade de adaptação, em solo pobre e seco, ainda que possua moderado crescimento (LORENZI, 1992).

Figura 1 - Árvore da fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.)



Fonte: Da autora, 2021.

Figura 2 - Árvore da fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.) com frutos verdes



Fonte: Da autora, 2021.

As flores são compostas com formato de espiga, na cor amarelo-claro, (FIGURA 3). As folhas são constituídas por folíolos pequenos. O fruto verde apresenta formato achatado e, quando amadurece, torna-se marrom-escuro quase negro. Os frutos maduros possuem aroma forte e adocicado e média de 15 sementes por fruto (FIGURA 4; FIGURA 5 e FIGURA 6) (FILIZOLA, 2013).

Figura 3 - Inflorescência da fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.)



Fonte: Da autora, 2021.

Figura 4 - Frutos verdes da fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.)



Fonte: Da autora, 2021.

Figura 5 - Frutos maduros da fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.)



Fonte: Da autora, 2021.



Figura 6 - Fruto maduro e sementes da fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.)



Fonte: Da autora, 2021.

A fava-d'anta possui frutos em formato de vagens, carnosas, são ricos em flavonoides como a rutina (quercetina-3-rutinosídeo), quercetina, isoquercetina e o açúcar ramnose (DÔRES, 2007; MENDES *et al.*, 2005), as sementes são ricas em galactomanana (PANEGASSI; SERRA; BUCKERIDGE, 2000). A rutina e a quercetina são empregadas em grande escala para produzir medicamentos e cosméticos. Estima-se que, aproximadamente, 50% da produção mundial de rutina é advinda do extrativismo de *D. mollis* (DÔRES, 2007).

A coleta da fava-d'anta é fonte de renda para coletores e comerciantes no Norte de Minas Gerais (NUNES *et al.*, 2012), sendo que essa é a região onde mais se faz o extrativismo da espécie (MENDES; MARTINS; FIGUEIREDO, 2013). No entanto a indústria, por meio da rede de atacadistas e compradores locais, financia o extrativismo predatório da espécie, pois paga valor muito baixo, sendo que, em 2019, o valor oscilou entre R \$1,00 a 1,20 por kg de frutos secos.

Entretanto o extrativismo dos frutos de *D. mollis* sem plano de manejo, a falta de proteção do bioma do Cerrado, os incêndios são fatores que provocam erosão da variabilidade genética e pode levar à extinção da espécie. Mais de 40% da população de *D. mollis*, na região Norte de Minas Gerais, apresenta risco de erosão genética (GOMES; GOMES, 2000; GONÇALVES *et al.* 2010; SOUZA; MARTINS, 2004).

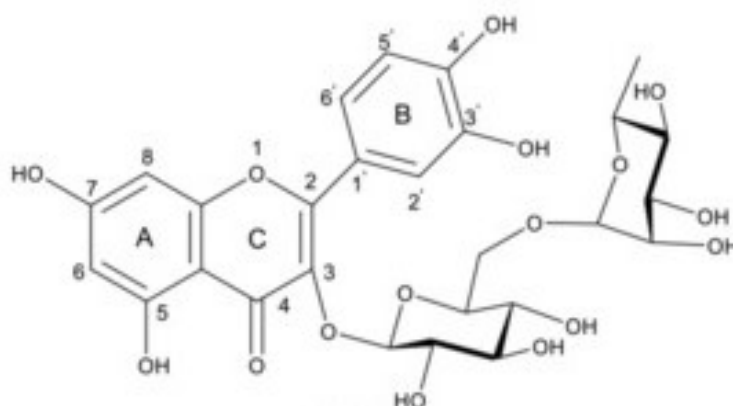
### 3.1.1 Rutina

Os frutos de *D. mollis* e da *D. gardneriana* são coletados, de forma extrativista, para a extração de rutina e quercetina, que são comercializados para a indústria farmacêutica e cosmética. Esses flavonoides estão entre os dez fitoquímicos mais exportados no Brasil (ALCÂNTARA *et al.*, 2020; NUNES *et al.*, 2012).

A rutina (FIGURA 7), também conhecida como vitamina P ou rutosídeo, é um flavonoide presente em muitos frutos e plantas com diversas atividades farmacológicas importantes, como ação anti-inflamatória, antitumoral (SILVA *et al.*, 2020) antioxidante, citoprotetora, antiviral, vasoprotetora, neuroprotetora, antidepressiva, cardioprotetora, analgésica, antiosteoporótica, antiosteopênica, antidiabéticas, antimicrobianas, entre outras (GANESHPURKAR; SALUJA, 2017), com potencial de combater o vírus da COVID-19 (SILVA *et al.*, 2020)

A rutina bloqueia a agregação de placas sanguíneas, deixa o sangue mais fluido e, conseqüentemente, melhora a circulação sanguínea (DAWIDOWICZ; BERNACIK; TYPEK, 2016). É empregada na produção de medicamentos que atuam no sistema circulatório (SANTOS, 2006). Atualmente, existem mais de 860 produtos que utilizam a rutina e que são comercializados nos Estados Unidos (GULLON *et al.*, 2017). A rutina pode ser empregada na produção de alimentos funcionais também (ACEVEDO-FANI *et al.*, 2021).

Figura 7 - Estrutura química da rutina



Fonte: SILVA; AREIAS, 2020.

O teor de rutina nos frutos de *D. mollis* depende do estágio de maturação, sendo maior nos frutos verdes ou imaturos: 7,83% no fruto maduro e 13,3% no fruto verde (VIEIRA, 2018).

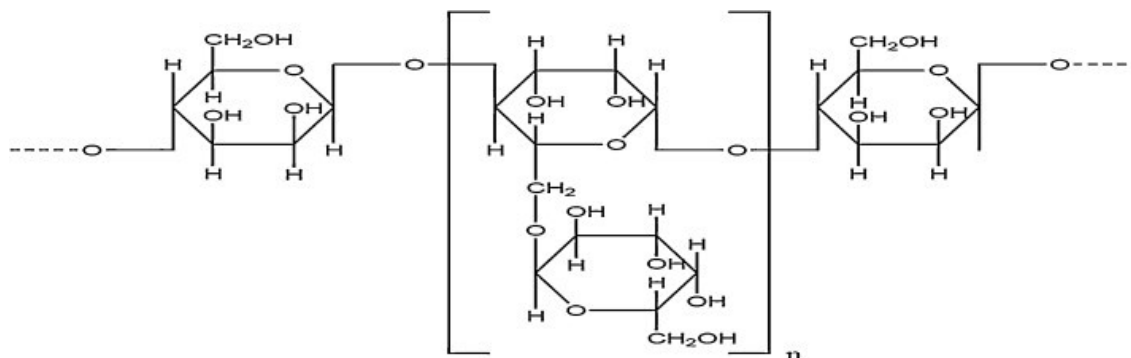
A demanda por rutina tem aumentado, por isso, é crucial otimizar a produção e as técnicas de extração. Assim, há diversos solventes e técnicas utilizadas para a extração de rutina de fontes naturais, tais como infravermelho, ultrassom, micro-ondas e métodos assistidos por pressão (CHUA, 2013). A técnica de extração sólido-líquido é a mais utilizada para o isolamento de rutina de plantas (DAWIDOWICZ; BERNACIK; TYPEK, 2016). Entretanto o mercado e as pesquisas atuais buscam o desenvolvimento de processos de extração de rutina sustentável e economicamente viável, com uso de solventes verdes (GULLON *et al.*, 2017).

### 3.1.2 Galactomanana

As gomas obtidas do endosperma de sementes de leguminosas são formadas principalmente por galactose e manose, sendo conhecidas por galactomanana (PANEGASSI; SERRA; BUCKERIDGE, 2000). Entre os polissacarídeos, a galactomanana (FIGURA 8) é o polissacarídeo mais utilizado comercialmente (SHARMA *et al.*, 2018). Em razão dos grupos de hidroxila, em solução com a água formam ligações de hidrogênio, responsável pelas propriedades de espessamento e viscosidade. Em virtude das propriedades emulsificantes, gelificantes, espessantes, biodegradáveis, de ampla estabilidade em diferentes pHs, rápida solubilidade em água fria e capacidade de formação de filme, permitem-se diversos usos industriais da galactomanana nas áreas de alimentos, cosméticos, têxtil, papelaria, petroquímica, dentre outras aplicações (THOMBARE *et al.*, 2016). Essas substâncias formam soluções viscosas em

concentrações baixas, sendo pouco afetadas pela temperatura, pH e força iônica (SITTIKIYOTHIN; TORRES; GONÇALVES, 2005).

Figura 8 - Estrutura química da galactomanana



Fonte: PRAJAPATI *et al.*, 2013.

A galactomanana é biodegradável, não tóxica, possível de modificação química, proveniente de fontes renováveis e econômicas. A presença de proteína em galactomanana pode propiciar atividade tensoativa (BRUMMER; CUI; WANG, 2003). A massa molar e o teor de galactose na estrutura influenciam nas propriedades físico-químicas da galactomanana. Contudo essas características diferem entre as galactomananas de diferentes fontes (SHARMA *et al.*, 2020). A guar, alfarroba, tara e cássia são as principais fontes comerciais de galactomanana (SHARMA *et al.*, 2018).

As galactomananas das leguminosas são consideradas produtos saudáveis para o tratamento de doenças intestinais e desconforto digestivo (CRUZ-RUBIO *et al.*, 2018).

Entre as leguminosas, a *D. mollis* possui galactomanana de excelente qualidade, considerada praticamente atóxica, com proporção de manose:galactose de 2,7. Considerada similar com as galactomananas tradicionalmente comercializadas, para as indústrias: alimentícia, química e farmacêutica, tais como a goma guar apresenta razão manose galactose igual a 2. Esses dados mostram que a galactomanana da fava-d'anta possui potencial para ser aplicada na indústria de alimentos (PANEGASSI; SERRA; BUCKERIDGE, 2000), assim como em fármacos, cosméticos, têxtil, papelaria, entre outros setores. Em outra espécie da fava-d'anta, *D. gardneriana*, a galactomanana também é uma boa opção, para substituir a goma guar, mais pura e forma solução mais viscosa (CUNHA *et al.*, 2009).

A galactomanana de *D. mollis* exibe comportamento não newtoniano com características pseudoplásticas. A dispersão da galactomanana fica mais fácil, quando o solvente está em pH entre 4 e 7, nessa faixa de pH, a estabilidade do polissacarídeo foi maior também. A combinação da galactomanana de *D. mollis* com a goma xantana formou gel com maior viscosidade, em relação à combinação xantana:locusta, com menor dureza (LISBOA, 2008).

Lisboa (2008) informa sobre a necessidade de estudos complementares com a galactomanana de *D. mollis* para aplicações industriais, principalmente em cosméticos, porque a galactomanana não exibiu potencial cito e fototóxico, assim como apresentou significativa capacidade de interação com celulose. Os autores Panegassi; Serra; Buckeridge (2000) afirmaram que a galactomanana de *D. mollis* possui potencial para ser empregada na indústria de alimentos.

### 3.1.3 Extração de galactomanana

O processo de extração de galactomanana de sementes normalmente combina as operações unitárias de separação, extração e purificação. Na semente, separa-se a casca, o germe e o endosperma onde se encontram as galactomananas. A separação pode ser realizada por peneiramento, filtragem ou manualmente. O endosperma separado é colocado em água em temperatura entre 20 a 120 °C. Posteriormente, realiza-se extração hidroalcoólica para precipitar a galactomanana, a concentração de água e álcool varia entre 1:1 a 1:3. Devido ao fato de utilizar só o etanol, produz galactomanana de grau alimentício (CERQUEIRA *et al.*, 2009; CUNHA *et al.*, 2009; DAKIA *et al.*, 2008; VENDRUSCOLO *et al.*, 2009).

Egorov, Mestechkina e Shcherbukhin (2003), em pesquisa desenvolvida para a extração de galactomanana da semente de *Gleditsia triacanthos f. inermis* L., espécie da família Fabaceae, foram realizadas as seguintes etapas: 1ª etapa: trituração das sementes em moinho; 2ª etapa: inativação enzimática e remoção de compostos de baixo peso molecular pela submissão das sementes trituradas à fervura com etanol a 80% durante 45 min; 3ª etapa: filtragem; e 4ª etapa: secagem com ar quente.

Cerqueira *et al.* (2009) utilizaram a mesma metodologia de Egorov; Mestechkina; Shcherbukhin (2003) com adaptação na extração de galactomanana da semente de *S. japonica*. Para facilitar a extração das cascas, utilizaram H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> na proporção de 1:1 em banho-maria a 100 °C por 1 hora e meia. Entretanto o ácido diminuiu o rendimento de galactomanana porque provocou hidrólise progressiva na semente.

A extração de galactomanana da *D. gardneriana* foi composta pelas seguintes operações unitárias: 1ª etapa: cozimento das sementes; 2ª etapa: separação do endosperma; 3ª etapa: adição de água quente ao endosperma; 4ª etapa: embebição do endosperma; 5ª etapa: centrifugação a 6000 rpm/30 min; 6ª etapa: precipitação do sobrenadante com álcool; 7ª etapa: secagem com ar quente; e, 8ª etapa: pesagem da galactomanana extraída (CUNHA *et al.*, 2009). Os autores obtiveram excelente rendimento, 31% de galactomanana.

Panegassi; Serra; Buckeridge (2000) realizaram experimentos de extração de galactomanana das sementes de fava-d'anta. Para a retirada da casca, testou-se a imersão das sementes em solução de hidróxido de sódio a 5%. Os autores concluíram que o tratamento com hidróxido de sódio, para a retirada das sementes, não se fez necessário, pois não houve alteração tão significativa da cor ou do rendimento da galactomanana obtida de sementes com ou sem casca, bem como, não utilizando o NaOH, o custo de extração fica menor e evita possível contaminação da galactomanana.

O processo de extração industrial da galactomanana da guar consiste em flambar as sementes rapidamente no fogo para afrouxar as cascas e separá-las. O endosperma é separado do germe na moagem. Esse produto obtido é denominado de "farinha" de guar e, conforme o processo pelo qual é destinado, pode fazer algum tratamento adicional na farinha (CHUDZIKOWSKI, 1971). Os autores Sabahelkheir, Abdalla e Nouri (2012), na extração de goma guar, em escala laboratorial, imergiram as sementes em água, durante 12 horas. Foram separados

o endosperma, a casca e o germe na mão. Os endospermas obtidos foram secados à temperatura de 105 °C por 20 minutos, posteriormente triturados.

Dakia (2008) testou dois diferentes pré-tratamentos de descascamento para a extração de galactomanana das sementes de alfarroba. O primeiro processo consistiu em ferver as sementes (1 hora). Durante esse pré-tratamento, as sementes incharam, sem quebrar o tegumento. Em seguida, separou manualmente a casca, o endosperma e o germe. No segundo pré-tratamento utilizou-se solução de ácido sulfúrico, na proporção de 60/40 (v/v), a 60 °C em 1 hora. O pré-tratamento com água quente obteve maior rendimento de endosperma, conseqüentemente, de galactomanana.

### 3.2 Revestimentos comestíveis

Os revestimentos comestíveis são reconhecidos por prolongar a vida útil de frutos e minimamente processados (YOUSUF; QADRI; SRIVASTAVA, 2018). São classificados como embalagens comestíveis, que consistem na aplicação de uma camada fina de material comestível, na superfície do alimento, geralmente por imersão em solução, que pode ser constituída por carboidratos, proteínas, lipídios ou uma mistura com diversos compostos naturais (FALGUERA *et al.*, 2011; SUHAG *et al.*, 2020).

Essa técnica, utilizada comercialmente, é eficiente à preservação das características sensoriais e químicas de frutos, porque conservam os nutrientes por longos períodos de armazenamento (OLIVEIRA *et al.*, 2018). Torna-se uma barreira física a microrganismos e, em consequência, reduz contaminações de origem microbiana, além da redução da perda de umidade e trocas gasosas com o ambiente (FALGUERA *et al.*, 2011; SUHAG *et al.*, 2020).

Há diversos estudos com o objetivo de aumentar a eficácia dos revestimentos comestíveis e a incorporação de óleos essenciais é uma opção. Os óleos essenciais possuem ação antimicrobiana, desta forma, ajudam a preservar a qualidade do alimento fresco e estender a vida de prateleira. Além disso, os revestimentos utilizados em frutos são mais eficientes em combinação com óleos essenciais (YOUSUF; WU; SIDDIQUI, 2021).

Neste sentido, revestimentos comestíveis produzidos com galactomanana tornam-se opção barata em relação aos produtos sintéticos comercialmente usados, visto que o desenvolvimento dessas aplicações com produtos naturais, produzidos localmente, podem ser uma importante contribuição para a economia de países como o Brasil (CERQUEIRA *et al.*, 2009).

A patente PI 1104166-8 A2 intitulada como “Cobertura comestível de galactomanana para alimentos” utilizou a galactomanana de *Caesalpinia pulcherrima* para o recobrimento de frutos. O método consiste na precipitação alcoólica da galactomanana presente nas sementes. E o revestimento de frutos é realizado por pincelagem da solução de galactomanana (0,5% m/v) com plastificante (1%, m/v) (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Os autores Cerqueira *et al.* (2009) produziram revestimentos comestíveis de galactomananas de diferentes origens (*Caesalpinia pulcherrima* e *Adenantha pavonina*) e

conseguiram aumentar a vida útil da seriguela (*Spondias purpurea*), acerola (*Malpighia emarginata*), manga (*Mangifera indica*), pitanga (*Eugenia uniflora*) e cajá (*Spondias lutea*).

Há diversos estudos relevantes de formulações de revestimentos comestíveis para conservar e aumentar a vida útil da banana (QUADRO 1). Os efeitos observados pelo uso de revestimento foram diminuição da velocidade dos processos fisiológicos, aumento da vida útil e combate da antracnose.

Quadro 2 – Formulações de revestimentos comestíveis e efeitos observados em frutos de banana

Formulação	Efeito	Referência
10% de goma arábica com 0,4% de óleo essencial de canela	Combateu a antracnose, diminuiu a velocidade de amadurecimento, a perda de peso, sólidos solúveis e a acidez titulável.	(MAQBOOL <i>et al.</i> , 2011)
Óleo essencial de tomilho	Controlou a antracnose e atrasou o amadurecimento da banana.	(VILAPLANA; PAZMIÑO; VALENCIA-CHAMORRO, 2018)
Bionanocompósito isolado de proteína de soja com cinamaldeído e óxido de zinco na banana.	Diminuiu a perda de água, hidrólise de carboidratos, conversão de pectina e respiração dos frutos.	(LI <i>et al.</i> , 2019)
Amido de arroz e carragenina com éster de sacarose	Aumentou 12 dias a vida útil das bananas, em temperatura ambiente, atrasou a produção de etileno. Diminuiu a perda de peso, a velocidade de degradação do amido e de clorofila.	(THAKUR <i>et al.</i> , 2019)
40% (m/v) de gelatina com 60%(m/v) de goma-laca	Retardou o amadurecimento e reduziu os parâmetros físico-químicos e microbiológicos.	(SORADECH <i>et al.</i> , 2017)

### 3.3 Referências

ACEVEDO-FANI, A.; OCHOA-GRIMALDO, A., LOVEDAY, S.M.; SINGH, H. Digestive dynamics of yoghurt structure impacting the release and bioaccessibility of the flavonoid rutin. **Food Hydrocolloids**, v. 111, n. July 2020, p. 106215, 2021.

ALCÂNTARA, M. S. de.; DUARTE, A. E.; BOLIGON, A. A.; DE CAMPOS, M. M. A.; DE LUCENA, R. F. P.; PINHEIRO, M. A.; DA CRUZ, D. D. Effects of different levels of exploration on the ecological processes of *Dimorphandra gardneriana*, a tropical savanna tree. **Environmental monitoring and assessment**, v. 192, n. 6, p. 378, 2020.

BRUMMER, Y.; CUI, W.; WANG, Q. Extraction, purification and physicochemical characterization of fenugreek gum. **Food Hydrocolloids**, v. 17, n. 3, p. 229-236, 2003.

CERQUEIRA, M. A.; LIMA, A.M.; TEIXEIRA, J.A.; MOREIRA, R.A; VICENTE, A.A. Suitability of novel galactomannans as edible coatings for tropical fruits. **Journal of Food Engineering**, v. 94, n. 3-4, p. 372-378, 2009.

CHUA, L. S. A review on plant-based rutin extraction methods and its pharmacological activities. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 150, n. 3, p. 805-817, 2013.

CHUDZIKOWSKI, R.J. Guar gum and its applications. **J Soc Cosmet Chem**. v.22, p.43-60. 1971.

CRUZ-RUBIO, J. M.; LOEPPERT, R.; VIERNSTEIN, H.; PRAZNIK, W. Trends in the use of plant non-starch polysaccharides within food, dietary supplements, and pharmaceuticals: Beneficial effects on regulation and wellbeing of the intestinal tract. **Scientia Pharmaceutica**, v. 86, n. 4, 2018.

CUNHA, P.L.R.; VIEIRA, Í. G.; ARRIAGA, Â. M. C.; PAULA, R. C. M.de; FEITOSA, J. P. A. Isolation and characterization of galactomannan from *Dimorphandra gardneriana* Tul. seeds as a potential guar gum substitute. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 3, p. 880-885, 2009.

CUNHA, P.L.R; PAULA, R. C. M. DE; FEITOSA, J. P. A. Polissacarídeos da biodiversidade brasileira: uma oportunidade de transformar conhecimento em valor econômico. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 649-660, 2009.

DAKIA, P.A.; BLECKER, C.; ROBERT, C.; WATHELET, B.; PAQUOT, M. Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. **Food Hydrocolloids**, v. 22, n.5, p. 807-818, 2008.

DAWIDOWICZ, A. L.; BERNACIK, K.; TYPEK, R. Rutin Transformation During Its Analysis Involving Extraction Process for Sample Preparation. **Food Analytical Methods**, v. 9, n. 1, p. 213-224, 2016.

DÔRES, R. G. R. das. **Análise morfológica e fitoquímica da fava d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.)**. 2007. 375 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

EGOROV, A.V., MESTECKINA, N.M., SHCHERBUKHIN, V.D. Determination of the Primary and Fine Structures of a Galactomannan from the Seed of *Gleditsia triacanthos f. inermis* L. **Applied Biochemistry and Microbiology**, v.39, n.4, p.398-402, 2003.

FALGUERA, V.; QUINTERO, J. P.; JIMÉNEZ, A.; MUÑOZ, J. A.; IBARZ, A. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. **Trends in Food Science and Technology**, v. 22, n. 6, p. 292-303, 2011.

FILIZOLA, B. C. Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável da fava d'anta / Bruno de Carvalho Filizola. Brasília: **Instituto Sociedade, População e Natureza**, p.76, 2013.

- GANESHPURKAR, A.; SALUJA, A. K. The Pharmacological Potential of Rutin. **Saudi Pharmaceutical Journal**, v. 25, n. 2, p. 149-164, 2017.
- GOMES, L.J.; GOMES, M.A.O. Extrativismo e biodiversidade: O caso da fava-d'anta. **Ciência Hoje**, v.27, n.161, p.66-9, 2000.
- GONÇALVES, A. C.; VIEIRA, F. de A.; REIS, C. A. F.; CARVALHO, D.de. Conservation of *Dimorphandra mollis* Benth. (FABACEAE) based on the genetic structure of natural populations. **Revista Arvore**, v. 34, n. 1, p. 95-101, 2010.
- GULLON, B. A. LÚ-CHAU, T.A.; MOREIRA, M.T.; LEMA, J.M.; EIBES, G. Rutin: A review on extraction, identification and purification methods, biological activities and approaches to enhance its bioavailability. **Trends in Food Science and Technology**, v. 67, p. 220-235, 2017.
- LI, J.; SUN, Q.; SUN, Y.; CHEN, B.; WU, X.; LE, T. Improvement of banana postharvest quality using a novel soybean protein isolate / cinnamaldehyde / zinc oxide bionanocomposite coating strategy. **Scientia Horticulturae**, v. 258, n. August, p. 108786, 2019.
- LISBOA, C. G. S. **Possibilidade de uso de polissacarídeos de plantas extraídos de diferentes fontes, uma perspectiva de sustentabilidade**. 2008. 254 f. Tese (Doutorado em Biologia Celular) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo: Plantarum, 1992.
- MAQBOOL, M.; ALI, A.; ALDERSON, P. G.; TENGGU, M.; MOHAMED, M.; SIDDIQUI, Y.; ZAHID, N. Postharvest Biology and Technology Postharvest application of gum arabic and essential oils for controlling anthracnose and quality of banana and papaya during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 62, n. 1, p. 71-76, 2011.
- MENDES, A.D.R.; MARTINS, E. R.; FERNANDES, L. A.; MARQUES, C. C. L. Produção de biomassa e de flavonoides totais por fava d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth) sob diferentes níveis de fósforo em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.7, n.2, p.7-11, 2005.
- MENDES, A.D.R.; MARTINS, E.R.; FIGUEIREDO, L.S. Estudo do sistema de reprodução da fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.). **Rev. bras. plantas med.**, v. 15, n. 4, p. 605-608, 2013.
- NUNES, J.D.; FIGUEIREDO, P. S. ; COSTA, L. S.; MARTINS, C. A. O extrativismo da fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.) na região do Norte de Minas Gerais. **Rev. bras. plantas mediciniais**, v. 14, n. 2, p. 370-375, 2012.
- OLIVEIRA, A.M.C.DE.; BESERRA, F.J.; MOREIRA, A.C.DE.O.; ARCANJO, S.R.S.; MOREIRA, R.DE.A. **Cobertura comestível de galactomanana para alimentos**. PI 1104166-8 A2. Depositante: Fundação Edson Queiroz / Universidade Federal do Piauí. Procurador: Ana Vlória Cesar Barreira e Maria Cesar Barreira. Depósito: 05 de agosto. 2011. Concessão: 18 de março.2014.
- OLIVEIRA, V. R. L.; SANTOS, F. K. G.; LEITE, R. H. L.; AROUCHA, E. M. M.; SILVA, K. N. O Use of biopolymeric coating hydrophobized with beeswax in post-harvest conservation of guavas. **Food Chemistry**, v. 259, n. November 2017, p. 55-64, 2018.
- PANEGASSI, V. R.; SERRA, G. E.; BUCKERIDGE, M. S. Potencial tecnológico do galactomanano de sementes de faveiro (*Dimorphandra mollis*) para uso na indústria de alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 3, dez. 2000.
- PRAJAPATI, V. D.; JANI, G. K.; MORADIYA, N. G.; RANDERIA, N. P.; NAGAR, B. J.; NAIKWADI, N. N.; VARIYA, B. C. Galactomannan: A versatile biodegradable seed polysaccharide. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 60, p. 83-92, 1 set. 2013.



SABAHELKHEIR, M.K.; ABDALLA A.H.; NOURI, S.H. Quality Assessment of Guar Gum (Endosperm) of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba*). **ISCA Journal of Biological Sciences**. v.1, p.67-70, 2012.

SANTOS, E. A. M. **Obtenção de Rutina de *Dimorphandra sp.***: do processamento dos frutos à obtenção de extrato enriquecido. 88 f. 2006. Dissertação (Mestrado em engenharia de Materiais) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Rede Temática em Engenharia de Materiais, 2006.

SHARMA, G.; SHARMA, S.; KUMAR, A.; AL-MUHTASEB, A. H.; NAUSHAD, M.; GHFAR, A. A.; MOLA, G. T.; STADLER, F. J. Guar gum and its composites as potential materials for diverse applications: A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 199, n. May, p. 534-545, 2018.

SHARMA, P.; SHARMA, S.; RAMAKRISHNA, G.; SRIVASTAVA, H.; GAIKWAD, K. A. A. comprehensive review on leguminous galactomannans: structural analysis, functional properties, biosynthesis process and industrial applications. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 0, n. 0, p. 1-24, 2020.

SILVA, F. M. A. da; SILVA, K. P. A. da; OLIVEIRA, L.P.M. de.; COSTA, E. V.; KOOLEN, H. H.F.; PINHEIRO, M.L.B.; SOUZA, A. Q. L. de S. Flavonoid glycosides and their putative human metabolites as potential inhibitors of the SARS-CoV-2 main protease (Mpro) and RNA-dependent RNA polymerase (RdRp). **Mem Inst Oswaldo Cruz**, v. 115, p. 1-8, 2020.

SILVA, D. M. da; AREIAS, M. C.C. Rutin as an Electrochemical Mediator in the Determination of Captopril using a Graphite Paste Electrode, **Electroanalysis**, v. 32, n. 2, p. 301-307, 2020.

SITTIKIYOTHIN, W.; TORRES, D.; GONÇALVES, M.P. Modelling the rheological behaviour of galactomannan aqueous solutions. **Carbohydrate Polymers**, v. 59, n. 3, p. 339-350, 2005.

SORADECH, S.; NUNTHANID, J.; LIMMATVAPIRAT, S.; LUANGTANA-ANAN, M. Utilization of shellac and gelatin composite film for coating to extend the shelf life of banana. **Food Control**, v. 73, p. 1310-1317, 2017.

SOUZA, G.A.; MARTINS, E.R. Análise de risco de erosão genética de populações de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.) no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.6, n.3, p.42-47, 2004.

SOUZA, H. A.; MULLER, L. A.; BRANDÃO, R. L.; LOVATO, M. B. Isolation of high quality and polysaccharide-free DNA from leaves of *Dimorphandra mollis* (Leguminosae), a tree from the Brazilian Cerrado. **Genetics and molecular research: GMR**, v. 11, n. 1, p. 756-764, 2012.

SOUZA, V.C.; LIMA, A.G. ***Dimorphandra* in Flora do Brasil 2020**. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, 2020. Disponível em: <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB83086>. Acesso em: 24 abr. 2021.

SUDRÉ, C. P.; RODRIGUES, R.; GONÇALVES, L. S. A.; MARTINS, E. R.; BENTO, C. dos S. Coleta, caracterização e divergência fenotípica de frutos de fava-d'anta. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 1-8, 2011.

SUHAG, R.; KUMAR, N.; PETKOSKA, A. T.; UPADHYAY, A. Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. **Food Research International**, v. 136, n., p. 109582, 2020.

THAKUR, R.; PRISTIJONO, P.; BOWYER, M.; SINGH, S. P.; SCARLETT, C. J.; STATHOPOULOS, C. E.; VUONG, Q. V. A starch edible surface coating delays banana fruit ripening. **LWT - Food Science and Technology**, v. 100, n. August 2018, p. 341-347, 2019.

THOMBARE, N.; JHA, U.; MISHRA, S.; SIDDIQUI, M. Z. Guar gum as a promising starting material for diverse applications: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 88, p. 361-372, 2016.

TORRES, D.; GONÇALVES, M.P. Modelling the rheological behaviour of galactomannan aqueous solutions. **Carbohydrate Polymers**, v.59, n.3, p. 339-350, 2005.

VENDRUSCOLO, C. W.; FERRERO, C.; PINEDA, E. A. G.; SILVEIRA, J. L. M.; FREITAS, R. A.; JIMÉNEZ-CASTELLANOS, M. R.; BRESOLIN, T. M. B. Physicochemical and mechanical characterization of galactomannan from *Mimosa scabrella*: Effect of drying method. **Carbohydrate Polymers**, v. 76, n. 1, p. 86-93, 2009.

VIEIRA, I. T. DO R. **Monitoramento de flavonoides totais e rutina em frutos de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.)**. 2018. 39 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/NCAP-AZYM2Y>. Acesso em: 24 abr. 2021.

VILAPLANA, R.; PAZMIÑO, L.; VALENCIA-CHAMORRO, S. Control of anthracnose, caused by *Colletotrichum musae*, on postharvest organic banana by thyme oil. **Postharvest Biology and Technology**, v. 138, n. January, p. 56-63, 2018.

YOUSUF, B.; QADRI, O. S.; SRIVASTAVA, A. K. Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review. **LWT - Food Science and Technology**, v. 89, n. June 2017, p. 198-209, 2018.

YOUSUF, B.; WU, S.; SIDDIQUI, M. W. Incorporating essential oils or compounds derived thereof into edible coatings: Effect on quality and shelf life of fresh/fresh-cut produce. **Trends in Food Science and Technology**, v. 108, p. 245-257, 2021.

#### **4 ARTIGOS**

##### **4.1 Artigo 1 - Produtividade de galactomanana e flavonoides em frutos maduros de *Dimorphandra mollis*: uma alternativa de agregação de valor na cadeia produtiva da espécie**

Elaborado conforme as normas do Programa de Mestrado em Produção Vegetal.

## RESUMO

A fava-d'anta (*Dimorphandra mollis*, Benth) é uma espécie nativa do Cerrado brasileiro, com alto potencial econômico, por apresentar compostos como rutina, quercetina, ramnose e galactomanana. Possui valor farmacológico reconhecido e potencial para a indústria. A rutina é o terceiro produto farmacêutico mais exportado pelo Brasil. As galactomananas são utilizadas nas indústrias alimentícia, química, petroquímica, têxtil, farmacêutica, cosmética e biomédica. Os frutos são coletados ainda verdes, pouco antes da formação das sementes, que são ricas em galactomanana de qualidade tecnológica. Os frutos maduros da fava-d'anta, que não são aceitos pelo mercado de flavonoides, poderiam ser uma fonte de galactomananas e flavonoides também. Sendo assim, poderia haver o aproveitamento mais rentável da espécie. Os objetivos do trabalho foram: a) estimar a produtividade de frutos e compostos químicos; b) extração de galactomanana e flavonoides; e, c) caracterização da galactomanana. Os frutos foram coletados com o auxílio de podão e pesados para determinar a produtividade por área da região de Bonito de Minas em 2018 e 2019. Nas análises morfológicas, foram mensurados o comprimento, a largura e a espessura dos frutos, número de sementes viáveis e malformadas, nos frutos maduros, advindos das regiões de Bonito de Minas, São João da Lagoa, Montes Claros e Olhos-d'água. Os frutos foram triturados e obtiveram-se duas frações de cascas com diferentes granulometrias e determinou-se o teor de rutina no extrato concentrado de flavonoides e no extrato metanólico das cascas dos frutos. A galactomanana foi extraída das sementes e realizou-se a caracterização físico-química. O rendimento de galactomanana, em relação à massa de sementes, foi de 41,5%, valor maior em relação às galactomananas de outras espécies, como a goma de guar (24-35%). A estimativa de produtividade de galactomanana por hectare da região de Bonito de Minas, no ano de 2018, foi de  $90,5 \pm 55,2$  g e, em 2019, de  $173,2 \pm 135,2$  g por hectare. Essa variação foi devida à bienalidade na produção de frutos de *D. mollis*. Não houve diferença estatística no rendimento das galactomananas obtidas das sementes de *D. mollis* das regiões de Montes Claros, Olhos-d'água, São João da lagoa e Bonito de Minas. Os métodos de extração influenciaram no teor de proteína na galactomanana e, geralmente, a presença de proteína proporciona propriedades emulsificantes. A galactomanana de *D. mollis* apresentou boa estabilidade térmica (250 °C). Observaram-se 8,12% de rutina no extrato metanólico dos frutos maduros de *D. mollis*, 70,08% de rutina no extrato concentrado da fração das cascas finas e 56,25 % de rutina no extrato concentrado da fração das cascas grossas.

**Palavras-Chave:** Extração de galactomanana. Fava-d'anta. Goma. Rutina.

## ABSTRACT

The fava-d'anta (*Dimorphandra mollis*, Benth) is a native species of the Brazilian Cerrado, with high economic potential, as it presents compounds such as rutin, quercetin, rhamnose and galactomannan. It has recognized pharmacological value and potential for the industry. Rutin is the third most exported pharmaceutical product in Brazil. Galactomannans are used in the food, chemical, petrochemical, textile, pharmaceutical, cosmetic and biomedical industries. The fruits are collected while still unripe, just before the formation of seeds, which are rich in technological quality galactomannan. Mature fruits of the fava-d'anta, which are not accepted by the flavonoid market, could be a source of galactomannans and flavonoids as well. Thus, there could be the most profitable use of the species. The objectives of the work were: a) to estimate the productivity of fruits and chemical compounds; b) extraction of galactomannan and flavonoids; and, c) characterization of galactomannan. The fruits were collected with the aid of a trimmer and weighed to determine the productivity by area from Bonito de Minas region in 2018 and 2019. In the morphological analyses, they were measured the length, width and thickness of the fruits, number of viable and malformed seeds, in the mature fruits, coming from the regions of Bonito de Minas, São João da Lagoa, Montes Claros and Olhos-d'água. The fruits were crushed and two fractions of husks with different particle sizes were obtained and the rutin content was determined in the concentrated extract of flavonoids and in the methanol extract of the husks of the fruits. Galactomannan was extracted from the seeds and carried out the physicochemical characterization. The yield of galactomannan, in relation to seed mass, was 41.50%, a higher value compared to galactomannans of other species, such as guar gum (24-35%). The productivity estimate of galactomannan per hectare in the Bonito de Minas region in 2018 was  $90.5 \pm 55.2$  g and in 2019,  $173.2 \pm 135.2$  g per hectare. This variation was due to the bienniality in the production of *D. mollis* fruits. There was no statistical difference in the yield of galactomannans obtained from *D. mollis* seeds from the regions of Montes Claros, Olhos-d'água, São João da Lagoa and Bonito de Minas. Extraction methods influenced the protein content in galactomannan and, generally, the presence of protein provides emulsifying properties. Galactomannan from *D. mollis* showed good thermal stability (250 °C). It was observed 8.12% of rutin in the methanol extract of mature *D. mollis* fruits, 70.08% of rutin in the concentrated extract of the thin husks fraction and 56.25% of rutin in the concentrated extract of the thick husks fraction.

**Keywords:** Galactomannan extraction. Fava-d'anta. Gum. Rutin.

## 1 INTRODUÇÃO

A árvore *Dimorphandra mollis* pertence à família Fabacea e é popularmente conhecida por faveiro, fava-d'anta ou favela, tem ocorrência natural no bioma Cerrado do Brasil. A espécie apresenta grande importância medicinal e econômica, é explorada por meio do extrativismo para extração de flavonoides dos frutos, especialmente a rutina e a quercetina, que são empregadas na

produção de cosméticos e medicamentos para doenças do sistema circulatório (SOUZA *et al.*, 2012).

A rutina e a quercetina apresentam diversos benefícios para a saúde, como ação antioxidante, anti-inflamatório, antidiabética e anticancerígena (CHOI *et al.*, 2021). A rutina e a quercetina estão entre os dez produtos farmacológicos mais exportados pelo Brasil, até junho de 2019 foram exportados US\$ 5.321.491,00 (ABIQUIF, 2019).

Além disso, as sementes da fava-d'anta são ricas em galactomanana, tipo de carboidrato de reserva, que apresenta alta qualidade tecnológica comparada com as galactomananas tradicionalmente comercializadas como a guar e locusta. Possui rendimento de 40% em relação à massa de sementes, e produz grandes quantidades de sementes (BUCKERIDGE; PANEGASSI; DIETRICH, 1995; PANEGASSI; SERRA; BUCKERIDGE, 2000). Em média, 160 toneladas por ano de galactomanana poderiam ser produzidas das sementes da fava-d'anta (ABIQUIF, 2003).

Nas últimas décadas, as galactomananas têm ganhado destaque no mercado em razão de suas propriedades funcionais e reológicas (em solução ficam hidratadas, ocupando grande volume e aumentando a viscosidade), além disso, são biodegradáveis, sem toxicidade e de fontes renováveis. Em virtude dessas propriedades, são utilizadas nas indústrias alimentícia, biomédica, farmacêutica e cosmética, como emulsificante, gelificante, espessante e estabilizante (PRAJAPATI *et al.*, 2013; SHARMA *et al.*, 2020).

A galactomanana de *D. mollis* não tem sido explorada comercialmente e tampouco pesquisada, mas apresenta grande potencial, para substituir as principais fontes comerciais de galactomanana, como a goma guar e locusta. Contudo os frutos de *D. mollis* são coletados ainda verdes, pouco antes do desenvolvimento das sementes, para a extração de rutina, eliminando a possibilidade de retirada das sementes. Dessa forma, o extrativismo dos frutos maduros poderia ser uma alternativa, permitindo a extração de flavonoides e gomas, com mínimos danos às plantas pela facilidade de coleta em relação aos frutos verdes.

Há poucos trabalhos investigando o potencial de uso dos frutos maduros de *D. mollis*, assim, o objetivo do trabalho foi determinar a produtividade de galactomanana, realizar a caracterização físico-química e extração de flavonoides em frutos maduros de *D. mollis*.

## **2 Material e métodos**

### **2.1 Biometria**

Os frutos maduros de *D. mollis* foram coletados caídos ao solo nas regiões de Bonito de Minas (Comunidade Água Doce), Montes Claros (Comunidade Olhos-d'água), município de São João da Lagoa (Fazenda Santa Rosa) e município de Olhos-d'água (margem da BR451, km 41), no período de julho a setembro de 2019. A largura, espessura e comprimento dos frutos foram mensurados em paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. As massas dos frutos e sementes foram quantificadas com balança de precisão de 0,01 g, sendo determinado também o número de sementes por fruto.

## 2.2 Produtividade

Avaliou-se a produtividade das áreas em dois anos consecutivos (2018 e 2019), em cinco áreas (A1, A2, A3, A4 e A5), todas as árvores das parcelas foram visitadas nos dois anos. Em cada área, foram definidas 10 parcelas com dimensão de 20 x 50 m, espaçadas em 20 m, sendo um hectare por área. As parcelas foram marcadas com o auxílio de receptor GPS Garmin® 60CSX do programa TrackMaker PRO®. Os frutos no ponto de colheita indicada pela coloração verde, mas com o máximo desenvolvimento, foram coletados com o auxílio de podão e pesados, para determinar a produtividade da área, deixando-se um corimbo por árvore, como estratégia de manejo.

O cálculo de produtividade de galactomanana (EQUAÇÕES 1 e 2) foi realizado com base no rendimento de sementes retiradas de forma manual (11%). O rendimento de sementes extraídas, por meio do beneficiamento em triturador de galhos e posterior separação em peneiras foi menor (6,2%). A produtividade de sementes foi estimada utilizando as Equações 3 e 4:

$$\text{Prod. de galactomanana/ha} = \text{Rendimento} \frac{\text{galactomanana}}{\text{fruto maduro}} * \frac{\text{n}^\circ \text{ frutos verde}}{\text{ha}} * \text{M.M.F} \quad (1)$$

$$\text{Prod. galactomanana/planta} = \frac{\text{Rendimento} \frac{\text{galactomanana}}{\text{fruto maduros}} * \frac{\text{n}^\circ \text{ frutos verdes}}{\text{ha}} * \text{M.M.F}}{\frac{\text{n}^\circ \text{ plantas produtivas}}{\text{ha}}} \quad (2)$$

$$\text{Prod. de sementes/Planta} = \frac{\frac{\text{Rendimento de semente}}{\text{frutos maduros}} * \frac{\text{n}^\circ \text{ de frutos verdes}}{\text{ha}} * \text{M.M.F}}{\frac{\text{n}^\circ \text{ plantas produtivas}}{\text{ha}}} \quad (3)$$

$$\text{Prod. sementes/ha} = \frac{\text{Rendimento sementes}}{\text{frutos maduros}} * \frac{\text{n}^\circ \text{ de frutos verdes}}{\text{ha}} * \text{M.M.F} \quad (4)$$

Legenda:

Prod = produtividade

n°= número

M.M.F= massa média do fruto maduro

ha= hectare

## 2.3 Processamento dos frutos

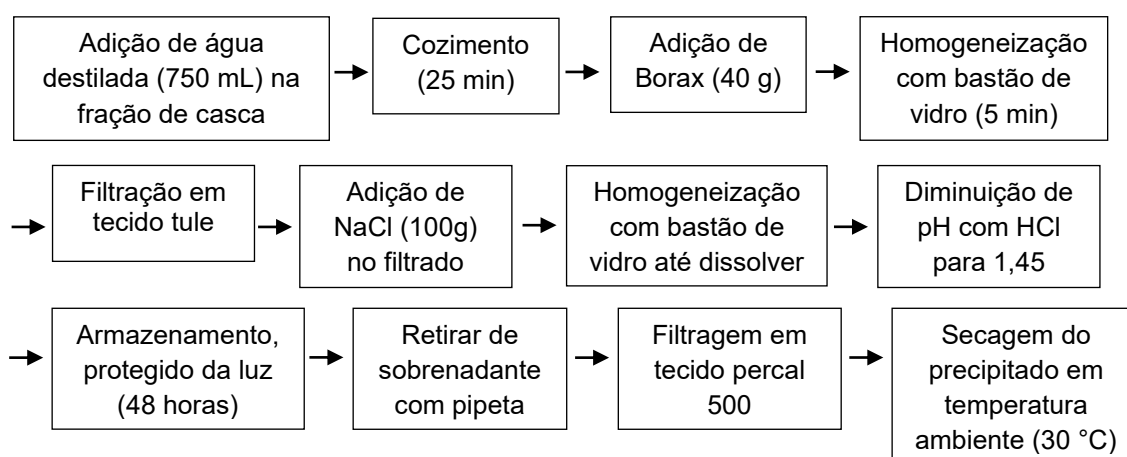
Os frutos maduros de *D. mollis da* região de Bonito de Minas foram moídos em triturador (Marca: Trapp, modelo: MTR-200 Orgânico), sendo que o material obtido foi peneirado de forma manual, em peneiras com abertura média de 3,5 mm, obtendo-se três frações distintas: a) fração

das cascas da parte interna do fruto de granulometria grossa; b) fração de cascas da parte externa do fruto com granulometria fina; e, c) fração contendo as sementes.

## 2.4 Extrato Concentrado de Flavonoides

As frações de cascas dos frutos maduros de granulometria fina e grossa obtidas na etapa de processamento foram utilizadas para extração de concentrado de flavonoides (FIGURA 1).

Fluxograma 1 - Fluxograma de produção de extrato concentrado de flavonoides de frutos maduros de *Dimorphandra mollis* Benth.



Fonte: Adaptado de KOONES, 1948.

## 2.5 Análise cromatográfica de extratos dos frutos

Os extratos concentrados de flavonoides dos frutos maduros obtidos das frações das cascas com granulometria grossa e fina foram pesados (0,01 g) e adicionou-se metanol de grau HPLC (10 mL). Em seguida, foram filtrados extratos em filtro de seringa (Filtrilo), diretamente no vial. Preparou-se a solução metanólica (5000 ppm) das cascas dos frutos maduros e homogeneizou-se em vórtex. O extrato foi armazenado, em temperatura ambiente, protegido da luz, durante a noite. No dia seguinte, o extrato foi centrifugado a 3500 rpm, durante 10 min (marca *Centribio*, modelo 80-2b, Brasil), o sobrenadante foi diluído para 1000 ppm. Posteriormente, filtraram-se os extratos em filtro de seringa (Filtrilo), com tamanho de poro 0,22  $\mu\text{m}$ , em vial (1,5 mL) (SHIMADZU) (ZHAI *et al.*, 2018).

As soluções metanólicas preparadas foram analisadas em HPLC da Shimadzu®, equipado com forno de coluna CTO-20A, módulo desgaseificador modelo DGU-A5R, bomba modelo LC-AT, detector UV-Vis (DAD) modelo SPD-M20A, coluna Shimadzu® VP-ODS (250 mm x 4,6 mm, 5  $\mu\text{m}$ ), em combinação com coluna de proteção Shimadzu® ACE C18, diâmetro da partícula de 5  $\mu\text{m}$ , 3.0 mm x 4.0 mm. A fase móvel foi composta por (A) acetonitrila e (B) 0,5% de ácido fosfórico em água (v/v), (água acidificada). A fase móvel inicial foi composta de 80% B e 20% A, seguida por um



gradiente linear para 70% B e 30% A em 10 min; 10-25 min, de 70 a 78% B e 30 a 22% A; 25-30 min, de 78 a 80% B e 22 a 20% A e vazão de 0,9 mL min<sup>-1</sup> (ZHAI *et al.*, 2018).

## 2.6 Extração de Galactomanana

Foram avaliados seis métodos de extração de galactomanana, que diferem basicamente, nas etapas de cozimento, trituração, retirada de cascas e proporção de álcool para a precipitação. Os métodos “A”, “B”, “C” e “D” foram modificados e adaptados de Cunha *et al.* (2009). Os métodos “E” e “F” foram modificados e adaptados dos autores Panegassi; Serra; Buckeridge (2000).

### a) Método A

Sementes de *D. mollis* foram moídas em moinho de facas, (marca Tecnal, modelo macro tipo willye R-TE-650/1), dispersou-se as sementes (2 g) em água em ebulição (70 mL), durante 20 minutos. O sistema foi armazenado, em temperatura ambiente (~30 °C), protegido da luz por 24 horas. Em seguida, adicionou-se água destilada (30 mL), a 75 °C, e a solução permaneceu armazenada por mais 2 horas, protegida da luz na mesma condição anterior de temperatura. Logo depois, a mistura viscosa, contendo as sementes, foi filtrada em filtro de nylon (abertura de malha de 1 mm) com a finalidade de auxiliar na separação do gel das sementes. Para facilitar o procedimento, adicionou-se mais água destilada (10 mL) às sementes durante o procedimento de filtração. O filtrado foi centrifugado a 3800 rpm/25 min (Marca: Centribio, modelo 80-2b, Brasil). O sobrenadante foi pipetado e precipitado com o dobro do seu volume de álcool etílico absoluto. O precipitado foi filtrado em filtro de nylon e lavado com 10 mL de álcool etílico absoluto. Em seguida, seco com ar quente e determinada a massa para o cálculo de rendimento.

### b) Método B

As sementes (2 g) foram imersas, em água em ebulição (70 mL), durante 20 min. As cascas foram parcialmente retiradas com o auxílio de peneira com abertura de aproximadamente 1 mm. Adicionou-se água (70 mL) às sementes e o sistema foi armazenado em temperatura ambiente durante 24 horas. Após o período de armazenamento, houve a formação do gel, que foi separado das sementes em outro béquer. Posteriormente, adicionou-se novamente água destilada (20 mL), a 75 °C nas sementes, o embebibimento foi realizado, durante 2 horas, em temperatura ambiente e protegido da luz. O procedimento de separação do gel das sementes repetiu-se e, em seguida, a solução viscosa foi centrifugada a 3800 rpm durante 15 min (Marca: *Centribio*, modelo 80-2b, Brasil). O sobrenadante foi precipitado com o dobro do seu volume de álcool etílico absoluto. A mistura foi filtrada em filtro de nylon, e o precipitado seco com ar quente, posteriormente pesado.

### c) Método C

Neste método, 2 g das sementes de *D. mollis* foram cozidas em panela de pressão por 20 min. Após o cozimento, as sementes parcialmente túrgidas foram de forma manual atritadas em superfície áspera para a retirada das cascas. Após, as sementes foram imersas em água destilada (70 mL), durante 24 horas sob proteção da luz e em temperatura ambiente (26 °C). Em seguida, separou-se o extrato viscoso que estava em contato com as sementes para outro béquer e adicionou-se água destilada (20 mL), a 75 °C nas sementes, sendo a embebição realizada por 2

horas. O sistema foi filtrado juntamente com o extrato viscoso em peneira. Para liquefazer a mistura, adicionou-se água destilada (50 mL). O filtrado foi centrifugado a 3800 rpm por 15 min e precipitou-se o sobrenadante com o dobro do seu volume de álcool etílico absoluto. Em seguida, secou-se o precipitado com ar quente, sendo determinada a massa após o resfriamento,

**d) Método D**

As sementes (~2 g) foram cozidas em água (500 mL), na panela de pressão, durante 20 min. Para a retirada das cascas, passaram-se as sementes em peneira de aço inox (0,5 mm de abertura). Em seguida, as sementes foram embebidas em água destilada (70 mL), em temperatura ambiente (~30 °C) e, após 19 horas, a mistura foi triturada em liquidificador com adição de 70 mL de água destilada. Logo depois, adicionou-se água destilada (15 mL) para liquefazer a mistura. Filtrou-se em filtro de nylon e centrifugou-se o filtrado a 3800 rpm durante 15 min. O sobrenadante foi precipitado com o dobro do seu volume de álcool etílico absoluto e filtrou-se o precipitado em filtro de nylon. A galactomanana obtida foi seca com ar quente e determinada a massa.

**e) Método E**

As sementes foram trituradas em moinho de facas, (marca Tecnal, modelo macro tipo willye R-TE-650/1) e fracionadas em peneiras com abertura de 150, 212, 300 e 600 µm de abertura. Extraiu-se a galactomanana de cada fração, com ensaios em triplicata. O processo de extração consistiu na dispersão das sementes (1,5 g), em água destilada (300 mL), a 60 °C durante 6 horas sob agitação em chapa de aquecimento com agitação magnética. O extrato obtido foi filtrado a vácuo, em tecido de cetim (135 mL), em seguida, foi precipitado com álcool etílico absoluto (675 mL). O sistema foi armazenado a 5 °C durante 20 horas. Posteriormente, filtrou-se a solução a vácuo em tecido de cetim e o precipitado foi seco com ar quente. A galactomanana foi pesada para calcular o rendimento.

**f) Método F**

As sementes (100 g) foram trituradas em moinho de facas (marca Tecnal, modelo macro tipo willye R-TE-650/1). Uma amostra de 1,25 g foi dispersa em água destilada (250 mL), (0,5% m/v), a 60 °C, durante 6 horas, com agitação magnética em chapa de aquecimento. Posteriormente, filtrou-se o extrato a vácuo em tecido de cetim. O filtrado (153 mL) foi precipitado com álcool etílico (306 ml), proporção de 1 parte de filtrado: 2 de álcool etílico absoluto. Após 17 horas de armazenamento, o sistema foi misturado com o auxílio de bastão de vidro. Novamente ficou armazenado a 5 °C por 3 horas para completa precipitação da galactomanana. O sistema foi filtrado a vácuo com tecido de cetim e o material foi seco com ar quente. A massa foi quantificada, para calcular o rendimento.

## **2.7 Análises de caracterização físico-química da galactomanana**

As análises de caracterização físico-química da galactomanana foram realizadas na galactomanana proveniente das sementes da região de Bonito de Minas.

### **2.7.1 Proteína**

Determinou-se o teor de proteína bruta presente nas galactomananas extraídas pelos métodos “A” e “F”. Utilizou-se o método *Kjeldahl* e fator de conversão de 5,87 (Instituto Adolfo Lutz, 2008). A análise foi realizada no laboratório de Bromatologia do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG.

### 2.7.2 Análise termogravimétrica (TGA)

As análises termogravimétricas das amostras foram realizadas em analisador termogravimétrico da marca Seiko (modelo EXSTAR 7200), no LEPCoM (Laboratório de Engenharia de Polímeros e Compósitos) da UFMG. Os ensaios foram realizados em cadinho de platina com atmosfera inerte de nitrogênio, com taxa de aquecimento de 20 °C min<sup>-1</sup> e vazão de 70 mL min<sup>-1</sup>. A faixa de temperatura da análise foi de 25 a 800 °C.

### 2.7.3 FT-IR

A análise de infravermelho foi realizada em espectrômetro de infravermelho por transformada de Fourier Varian 660 (FT-IR), usando dispositivo ATR (“Attenuated total reflection”), no Laboratório Multiusuário de Química de Produtos Naturais da Embrapa Agroindústria Tropical do Ceará, com 2 mg de amostra. O espectro foi adquirido na região de 4000-400 cm<sup>-1</sup>, com total de 40 digitalizações e resolução de 4 cm<sup>-1</sup>.

## 2.8 Análise Estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), no software R, versão 3.3.1. E, quando houve diferença na ANOVA, realizou-se o teste de Tukey para diferenciar as médias com  $p < 0,05$ .

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Biometria de frutos

Os frutos e as sementes de *D. mollis*, provenientes das regiões de Montes Claros, Olhos-d’água, Bonito de Minas e São João da Lagoa, exibiram ampla variação fenotípica para os parâmetros biométricos analisados (TABELA 1). Os frutos coletados em Montes Claros apresentaram maiores médias para as características biométricas do fruto (massa, comprimento, largura e espessura), entretanto a região não obteve maiores médias para o número de sementes no fruto. Os valores biométricos dos frutos das quatro regiões estão na faixa de variação dos valores obtidos nos frutos de diversas regiões do Norte de Minas Gerais (SUDRÉ *et al.*, 2011; VIEIRA, 2018).

Tabela 1 - Biometria de frutos e sementes de *Dimorphandra mollis* proveniente de quatro municípios do Norte de Minas Gerais.

Municípios	Parâmetros Biométricos	COMP (mm)	LARG (mm)	ESP (mm)	M.F (g)	M.S.R (g)	M.S.B (g)	N.S	N.S.B
	<b>Médias</b>	<b>118,9</b>	<b>25,1</b>	<b>10,1</b>	<b>17,1</b>	<b>0,3</b>	<b>1,9</b>	<b>12,6</b>	<b>9,6</b>
Bonito de Minas	Mínimo	81,9	21,3	7,0	10,5	0	0,1	4	1
	Máximo	146,7	30,9	12,1	24,1	0,9	3,6	26	15
	CV	12%	8%	12%	21%	113%	58%	38%	45%
	<b>Médias</b>	<b>144,7</b>	<b>30,4</b>	<b>10,4</b>	<b>22,9</b>	<b>0,05</b>	<b>3,1</b>	<b>13,7</b>	<b>13,2</b>
Montes Claros	Mínimo	98,2	24,1	8,6	15,4	0	0,7	6	4
	Máximo	188,1	37,4	12,9	37,3	0,4	4,9	22	22
	CV	18%	11%	9%	22%	170%	28%	28%	29%
	<b>Médias</b>	<b>125,4</b>	<b>27,7</b>	<b>9,4</b>	<b>19,1</b>	<b>0,3</b>	<b>2,6</b>	<b>16,1</b>	<b>13,7</b>
Olhos-d'água	Mínimo	100,8	22,2	7,2	13	0	0,4	6	1
	Máximo	151,5	30,3	11,6	27,5	1,2	4,3	23	22
	CV	9%	6%	12%	19%	102%	31%	22%	29%
	<b>Médias</b>	<b>124,8</b>	<b>26,8</b>	<b>9,9</b>	<b>19,9</b>	<b>0,3</b>	<b>1,8</b>	<b>11,3</b>	<b>8,8</b>
São João da lagoa	Mínimo	86,1	21,6	6,6	11,7	0	0	0	0
	Máximo	160	34,7	12,2	32,1	1,8	4,7	23	20
	CV	13%	11%	12%	22%	133%	70%	49%	67%

Legenda: COMP = comprimento (mm), LARG = largura (mm), ESP = espessura dos frutos (mm), MF=massa dos frutos (g), MSR = massa de sementes não desenvolvidas por fruto (g), MSB = massa de sementes boas por fruto (g), NS=número de sementes por fruto, NSB= número de sementes boas por fruto e CV= Coeficiente de variação.

Fonte: Da autora, 2021.

A maioria das sementes dos frutos apresentaram de forma lisa, oblongas, também se observaram sementes mal desenvolvidas com aspecto rugoso. As variações nas características biométricas das sementes de *D. mollis* analisadas (TABELA 5) estão no intervalo encontrado pelos autores Freitas *et al.* (2009) e Sudré *et al.* (2011).

Os frutos de *D. mollis* dos municípios de Montes Claros e Olhos-d'água apresentaram maior número de sementes por fruto, conseqüentemente, maiores massas de sementes por fruto. Os autores Gonçalves *et al.* (2010) estudaram a estrutura genética de populações de *D. mollis* do Norte de Minas Gerais, por meio de marcadores aloenzimáticos, concluindo que a espécie possui ampla diversidade genética intrapopulacional, e as populações estudadas não são endogâmicas. É normal as características biométricas dos frutos apresentarem ampla variação entre populações (SILVA; SCARIOT, 2013).

### 3.2 Rendimento

Os métodos de extração avaliados influenciaram o rendimento e a coloração das galactomananas obtidas (TABELA 2). Os métodos de "A" a "D" foram modificados dos autores Cunha *et al.* (2009), esses métodos produziram galactomananas com a coloração branca e menor rendimento de extração em comparação com os métodos "E" e "F" adaptado de Panegassi, Serra e

Buckeridge (2000). A centrifugação foi utilizada somente nos métodos “A” a “D”, conseqüentemente, houve maior separação de pigmentos e pequenos pedaços de cascas.

O rendimento é um parâmetro fundamental para a aplicação da galactomanana em processos industriais. O rendimento médio de galactomanana por sementes de *D. mollis* foi de 41,5% (método F), valor superior em relação às galactomananas obtidas por outros métodos de extração das espécies *D. Gardneriana* Tul (31%) (CUNHA *et al.*, 2009), goma guar (24–35%) (DEA; MORRISON, 1975), a *Dichrostachys cinérea* (21,01%) (LAVUDI; KOTTAPALLI; GOYCOOLEA, 2018), *Bauhinia vahlii*, *Delonix elata*, e *Peltophorum pterocarpum*, respectivamente, 30,82%, 24,01% e 25,25% (JAMIR *et al.*, 2019).

Tabela 2 - Rendimento de extração de galactomanana, em relação à massa de sementes, em seis métodos adaptados dos autores Cunha *et al.* (2009), Panegassi; Serra; Buckeridge, (2000).

Métodos de extração de galactomanana	Rendimentos (%)
A	21,0b
B	2,2c
C	9,0bc
D	18,6bc
E	29,3 - 51,0a
F	41,5a

Legenda: Métodos “A”, “B”, “C” e “D” foram modificados de Cunha *et al.* (2009), e os métodos “E” e “F” foram modificados de Panegassi; Serra; Buckeridge (2000). Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Da autora, 2021.

O Brasil não tem produção comercial de galactomanana, assim, importa galactomanana principalmente das espécies guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) e alfarroba (*Ceratonia siliqua*). A diversidade de plantas brasileiras tem sido pouco estudada, para a obtenção de galactomanana, dado que as sementes são fonte renovável e abundante para a extração desses polissacarídeos (CUNHA; PAULA; FEITOSA, 2009). Não houve diferença estatística no rendimento de galactomanana por semente (m/m) advindas de quatro cidades do Norte de Minas Gerais (FIGURA 1). Esse comportamento pode ter ocorrido pelo fato das plantas estarem nas mesmas condições climáticas no Norte de Minas Gerais ou por não haver variabilidade genética para tal característica. E, também, as galactomananas pertencem à classe dos carboidratos, logo participam do metabolismo primário da planta, e a galactomanana é utilizada na germinação (BAKHSHY, ZARINKAMAR, NAZARI 2019).

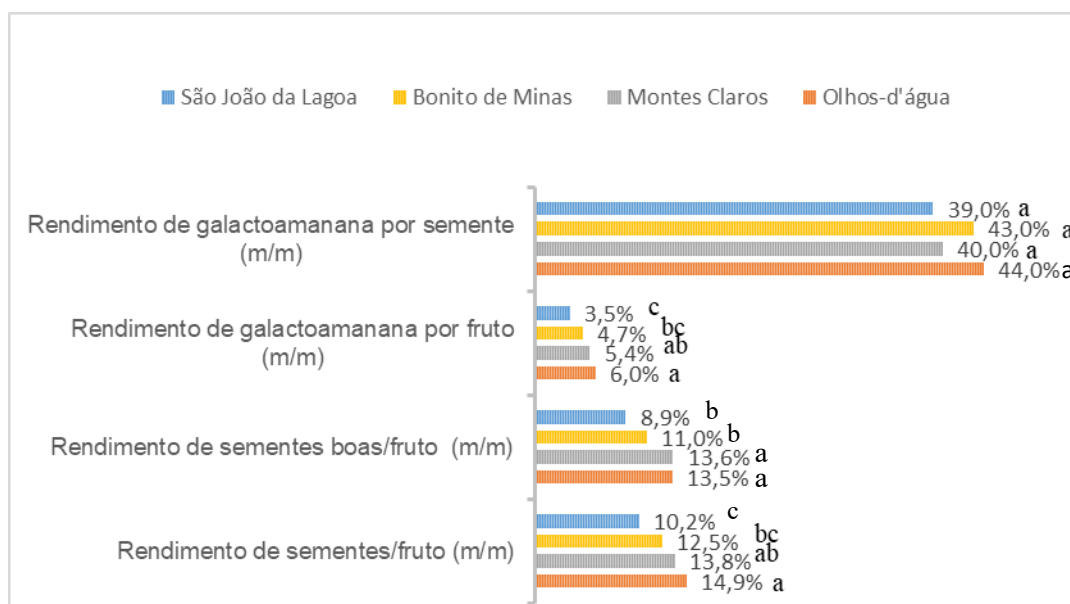


Figura 1: Rendimento médio (%) de galactomanana e sementes de frutos de *Dimorphandra mollis* provenientes de quatro municípios do Norte de Minas Gerais

Legenda: Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Da autora, 2021.

O rendimento de galactomanana por fruto de *D. mollis* depende do rendimento de sementes. As regiões de Montes Claros e Olhos-d'água apresentaram maiores rendimentos de galactomanana, sementes e sementes desenvolvidas em relação à massa do fruto maduro (m/m) (FIGURA 1). Para produzir 100 g de galactomanana, são necessários aproximadamente  $2,13 \text{ kg} \pm 0,46 \text{ kg}$  de frutos e  $242 \pm 11,9 \text{ g}$  de sementes.

### 3.3 Produtividade de frutos, sementes e galactomanana

A produção média de frutos de *D. mollis* por hectare, em 2019, foi de  $7,9 \pm 6,2 \text{ kg}$ , em 2018, foi de  $4,2 \pm 2,6 \text{ kg}$  (TABELA 3), o número de plantas produtivas, em 2019, também foi maior. Os coeficientes de variação foram altos, visto que a literatura reporta valores altos de coeficiente de variação para plantas nativas. A densidade de plantas por hectare foi de 18 a 43 indivíduos. O número médio de frutos, em 2019, foi praticamente o dobro em relação a 2018. A diferença na produção anual dos frutos é porque a espécie apresenta bienalidade na produção de frutos (CALDEIRA JÚNIOR *et al.*, 2008).

Tabela 3 - Produção de frutos verdes (kg/ha), número de plantas produtivas de *Dimorphandra mollis* em cinco áreas do município de Bonito de Minas.

Área	Total de plantas	2018		2019	
		Plantas Produtivas	Produtividade (kg)	Plantas Produtivas	Produtividade (kg)
A1	24	7	5,2	7	3,9
A2	43	2	2,1	4	7,7
A3	18	5	7,2	8	17,7
A4	34	9	5,5	13	8,8
A5	21	4	0,9	6	1,5
Média	28±10,3	5,4±2,7	4,2±2,6	7,6±3,4	7,9±6,2
CV	37%	50%	62%	44%	78%

Legenda: Média ± Desvio-padrão. CV=Coefficiente de variação

Fonte: Da autora, 2021.

A produtividade estimada de sementes por hectare, nos anos 2018 e 2019, foi, respectivamente, 210,7±128,5 e 405,7±315,0 g de sementes (TABELA 4). A produção estimada, para o ano de 2018, foi de 43,8±26,8 g de sementes por planta e, em, 2019, de 61,6±52,1 g sementes/planta (TABELA 5). Em plantio comercial, a produção média de sementes de guar é 585 kg por hectare (DAS; RAJPAR; GANJEGUNTE, 2018).

A produtividade de galactomanana de plantas nativas de *D. mollis*, em área de Cerrado da região de Bonito de Minas, foi estimada para os anos de 2018 e 2019, sendo, respectivamente, 90,5±55,2 g e 173,2±135,2 g (TABELA 4). A *Cyamopsis tetragonolobus*, conhecida popularmente como goma guar, de porte herbáceo, em plantio comercial, com alta densidade de plantas, a produtividade de galactomanana é de 649 kg por hectare (CUNHA *et al.*, 2009; GRESTA *et al.*, 2019). Entretanto não há plantios comerciais de *D. mollis* para que seja possível a comparação.

Tabela 4 - Estimativa de produtividade de sementes e galactomanana (g/ha) em cinco áreas do município de Bonito de Minas.

Área	Sementes por ha (g)		galactomanana por ha (g)	
	2018	2019	2018	2019
A1	309,9	238,5	133	102,4
A2	133,3	492,1	57,2	211,3
A3	368,1	905,3	158	388,6
A4	189,7	306,1	81,4	131,4
A5	52,6	86,4	22,6	37,1
Média	210,7±128,5	405,7±315,0	90,5 ±55,2	173,2±135,2
CV	61,0%	77,6%	61%	78%

Legenda: Média ± Desvio-padrão. CV=Coefficiente de variação. g=grama.

Fonte: Da autora, 2021.

Tabela 5 - Estimativa de produtividade de sementes e galactomanana (g) por planta em cinco áreas do município de Bonito de Minas.

Área	g sementes por planta		g galactomanana por planta	
	2018	2019	2018	2019
A1	44,3	34,1	18,9	14,6
A2	66,7	123,0	28,5	52,6
A3	73,6	113,2	31,5	48,3
A4	21,1	23,5	9,0	10,1
A5	13,1	14,4	5,6	6,2
Média	43,8±26,8	61,6±52,1	18,7±10,2	26,3±22,3
CV%	61%	85%	61%	85%

Legenda: Média ± Desvio-padrão. CV=Coefficiente de variação. g=grama.

Fonte: Da autora, 2021.

### 3.4 Análise cromatográfica de flavonoides em extratos dos frutos

O extrato metanólico dos frutos maduros de *D. mollis* apresentou 8,12% de rutina. Vieira (2018) observou 7,83% de rutina, no extrato metanólico dos frutos *D. mollis*, com 28 dias após completa maturação dos frutos e 13,3% no fruto verde. Dores (2007) observou 9,89% de rutina no extrato metanólico dos frutos verdes. As metodologias utilizadas na análise pelos autores citados são diferentes em relação à utilizada nesta pesquisa.

A rutina pertence à classe dos flavonoides, segundo Arabbi; Genovese; Lajolo (2004) a concentração de flavonoides é influenciada por fatores climáticos, estado de maturação, podendo sofrer variações de até 100% em razão da sazonalidade.

Na trituração dos frutos maduros, obteve-se rendimento de 6,2% de sementes, 60% de cascas grossas e 27% de cascas finas e 7% de perdas. O extrato concentrado da fração de cascas finas apresentou 70,08% de rutina e 56,25% de rutina no extrato concentrado da fração das cascas grossas do fruto maduro. Essa diferença é em função da rutina ter maior concentração na parte externa do fruto (epicarpo e mesocarpo) e, na fração de cascas finas, a parte externa ficou mais concentrada. Macedo *et al.* (2004) também observaram maior concentração de flavonoides totais no epicarpo ( $42,43 \pm 8,26\%$ ) e  $1,41 \pm 1,27\%$  na parte interna do fruto (mesocarpo).

Santos (2006) determinou o teor de rutina, em diferentes frações granulométricas dos frutos verdes de *Dimorphandra* sp., e o maior teor foi de 36,68% na fração de menor granulometria. O mesmo autor produziu extrato concentrado de rutina dos frutos maduros de *Dimorphandra* sp. e obteve extrato com 68,5% de rutina, entretanto o método de extração não foi descrito por causa do processo de patente.

Dôres (2007) observou rendimento de 35% de rutina em extrato concentrado de flavonoides dos frutos verdes de *D. mollis* extraído por metodologia simples e barata, que consistiu no cozimento do pó dos frutos com água, seguido de filtração, aquecimento e precipitação. Portanto a metodologia utilizada no presente trabalho foi mais eficiente.

### 3.5 Caracterização da galactomanana



### 3.5.1 Proteína

O método de extração da galactomanana influencia na quantidade de proteína presente. Foram observados 2,5% de proteína na galactomanana extraída pelo método A e 8,96% de proteína na galactomanana extraída pelo método “F”, (Fator de conversão de 5,87 para leguminosas). No método “A”, a mistura viscosa foi centrifugada, operação que ajudou a diminuir a quantidade de proteína presente na galactomanana e, também, houve menor tempo de cozimento das sementes.

Os autores Damodaran; Parkin; Fennema (2010) explicam que o cozimento acima de 40 °C ocasiona aumento da energia cinética entre as cadeias de aminoácidos, podendo haver a perda da conformação espacial das proteínas e consequente desnaturação. Esse mecanismo é também responsável por ocasionar maior precipitação da proteína no método “F”, pelo maior tempo de cozimento.

O método “A” foi adaptado de Cunha *et al.* (2009), que observaram 1,75% de proteína na galactomanana extraída das sementes da *D. Gardneriana* Tul. Os autores retiraram o germe da semente, local onde concentra majoritariamente a maior parte da proteína. No método “F” adaptado de Panegassi; Serra; Buckeridge (2000), os autores observaram 16,8% de proteína, valor quase 50% maior em relação ao presente trabalho. Essa diferença deve-se à maior concentração de etanol utilizada pelos autores, pois, segundo Damodaran; Parkin; Fennema (2010), o etanol provoca precipitação de proteínas.

O teor de proteína em galactomananas de diferentes espécies normalmente está entre 0,30 a 22,75%. A presença de proteínas em gomas geralmente proporciona propriedades emulsificantes (HAMDANI; WANI; BHAT, 2019). Entretanto, para a aplicação farmacológica, faz-se necessário purificar a galactomanana, pois a presença de proteína é um contaminante que pode provocar inflamações (MONTEIRO, 2009; MOURA NETO, 2013).

### 3.5.2 Análise Termogravimétrica

A análise termogravimétrica (TGA) mostra a perda ou ganho de massa do material. O 1º evento térmico na galactomanana de *D. mollis* ocorreu na faixa de temperatura de 40 a 180 °C, correspondendo ao processo de desidratação, com perda de 13% de umidade na galactomanana (FIGURA 2). Cunha *et al.* (2009) observaram perda de umidade de 11 a 14% na goma guar. Segundo Liu *et al.* (2020), esse evento térmico ocorre em polissacarídeos que apresentam natureza hidrofílica, como a galactomanana.

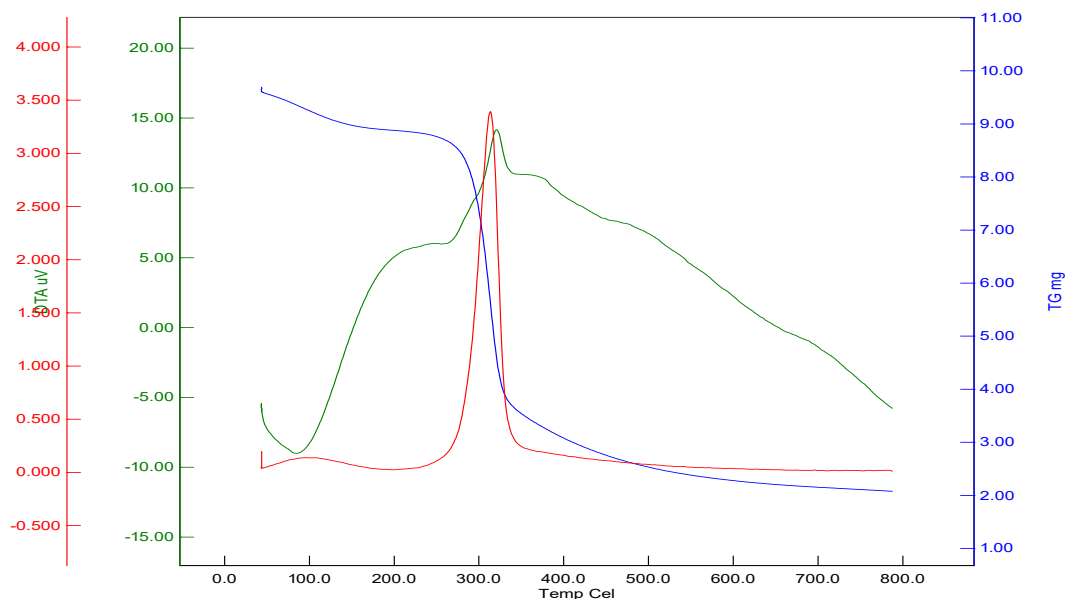


Figura 2: Curvas de análise térmica da galactomanana extraída de *Dimorphandra mollis*.  
 Legenda: Curva DTG - Termogravimetria derivada. Curva DTA - Análise térmica diferencial. Curva TG - Termogravimetria e Temp Cel - temperatura em graus Celsius.  
 Fonte: Da autora, 2021.

O segundo evento térmico ocorreu entre 250 a 340 °C, resultando na perda de massa de 58%, por degradação da galactomanana. Resultados semelhantes foram relatados por Vendruscolo *et al.* (2009), quando analisaram o comportamento térmico da galactomanana da *Mimosa scabrella*. Os autores Nep e Conway (2010) relataram temperatura inicial de degradação em 267 °C e sugeriram representar uma boa estabilidade térmica.

A galactomanana de *D. mollis* apresenta boa estabilidade térmica para uso em alimentos, fármacos e cosméticos, pois a degradação da galactomanana começou em 250 °C, uma vez que é necessário suportar temperaturas na faixa de 100-135 °C, que são aquelas usadas em processos de esterilização na indústria.

### 3.5.3 Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier

A caracterização por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR) permitiu observar as bandas características de galactomanana, com vibrações na região de 810  $\text{cm}^{-1}$  - 3361  $\text{cm}^{-1}$  (FIGURA 3). Diversos pesquisadores realizaram a caracterização de galactomananas por FT-IR (LI *et al.*, 2020; PATCHAIYAPPAN *et al.*, 2020; RASHID; HUSSAIN; AHMED, 2018; SUN *et al.*, 2018).

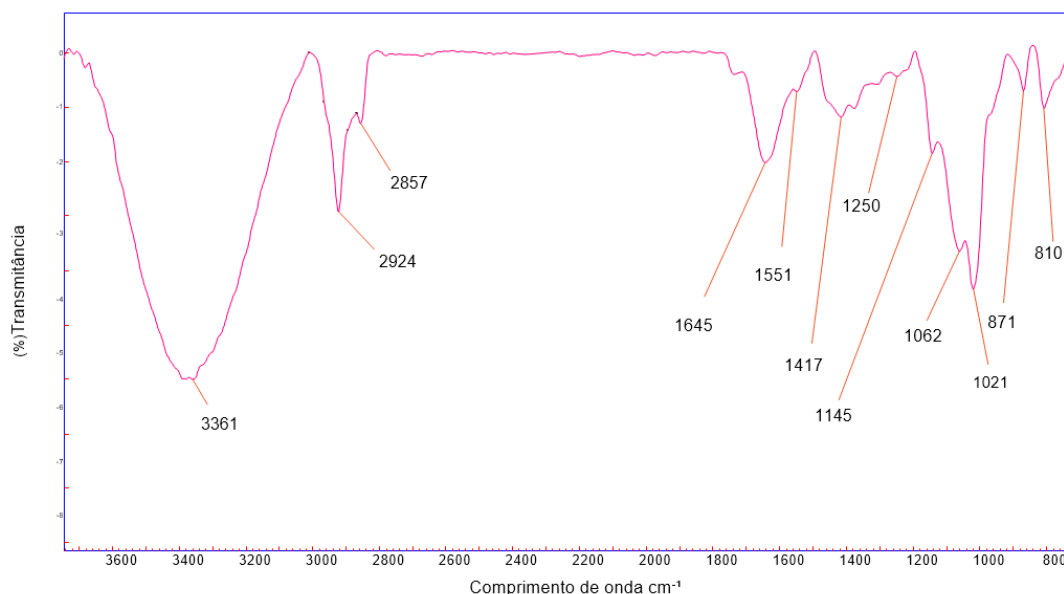


Figura 3: Espectro de infravermelho para galactomanana de *Dimorphandra mollis*

Fonte: Da autora, 2021.

O espectro de FT-IR da galactomanana de *D. mollis* possui banda de absorção em 3361  $\text{cm}^{-1}$  indicando estiramento da ligação O-H. As bandas 2924 e 2857  $\text{cm}^{-1}$  foram atribuídas às deformações axiais da ligação C-H. As bandas 1645 e 1551  $\text{cm}^{-1}$  são pelo alongamento do anel de galactose e manose.

A banda 1417  $\text{cm}^{-1}$  é atribuída a deformações simétricas dos grupos CH e COH (LI *et al.*, 2017; PRADO *et al.*, 2005). A banda 1021  $\text{cm}^{-1}$  é típica de  $\text{CH}_2$ , e as bandas 1063 e 1145  $\text{cm}^{-1}$  são, respectivamente, grupos C-O de carboidratos e alongamento  $\text{CH}_2\text{OH}$  primário e 1250  $\text{cm}^{-1}$  são típicas de C-O (BAKHSY; ZARINKAMAR; NAZARI, 2019).

A faixa entre 800 e 1200  $\text{cm}^{-1}$  é denominada de área de “impressão digital” para carboidratos, (RAZAVI *et al.*, 2014), e a galactomanana é um carboidrato de reserva da semente de *D. mollis*. A banda 871  $\text{cm}^{-1}$  corresponde à configuração  $\alpha$ -D-galactose, enquanto a banda 810  $\text{cm}^{-1}$  é atribuída à orientação  $\beta$  (BAKHSY; ZARINKAMAR; NAZARI, 2019).

A análise de FT-IR mostrou que a estrutura química da galactomanana de *D. mollis* é muito parecida com a galactomanana das espécies *D. gardneriana* (CUNHA *et al.*, 2007), guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) (WANG; SOMASUNDARAN, 2007) e *Adenantha pavonina* (NOBRE *et al.*, 2018).

#### 4 CONCLUSÃO

- Os frutos e sementes das regiões de Bonito de Minas, Montes Claros, São João da Lagoa e Olhos-d'água apresentaram ampla variabilidade nas características biométricas.
- Observou-se alto rendimento de rutina no extrato concentrado de flavonoides das cascas finas de frutos maduros, revelando potencial na utilização de tais frutos que não são de interesse da indústria.
- O rendimento de galactomanana na espécie é maior em relação à guar.

- Não houve diferença estatística no rendimento de galactomanana das diferentes regiões avaliadas.
- A galactomanana de *D. mollis* possui potencial para utilizar em formulações de alimentos, fármacos e cosméticos, porque possui boa estabilidade térmica (250 °C) e a maioria dos processos de esterilização ocorre no intervalo de 100-135 °C.
- A análise de espectroscopia da região do infravermelho mostrou bandas características de galactomanana.

## REFERÊNCIAS

**ABIQUIF.** 2003. Disponível em: <<http://www.abiquif.org.br>>. Acesso: em abril de 2019.

**ABIQUIFI.** 2019. Informações pontuais sobre as exportações de produtos da cadeia produtiva farmacêutica brasileira. 2019. Disponível em: <<https://abiquifi.org.br/publicacoes/abiquiflashes>>. Acesso em: 13 julho. 2019.

ARABBI, P.R.; GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F.M. Flavonoids in vegetable foods commonly consumed in Brazil and estimated ingestion by the Brazilian population. **J Agric Food Chem.** v.52, n.5, p.1124-31, 2004.

BAKHSHY, E.; ZARINKAMAR, F.; NAZARI, M. Isolation, qualitative and quantitative evaluation of galactomannan during germination of *Trigonella persica* (Fabaceae) seed. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 137, p. 286-295, 2019.

BUCKERIDGE, M. S.; PANEGASSI, V. R.; DIETRICH, S. M. C. Storage carbohydrate mobilisation in seeds of *Dimorphandra mollis* Benth. (Leguminosae) following germination. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 18, n. 2, p. 171-175, 1995.

CALDEIRA JÚNIOR, C. F.; SANTOS, A. M. .; QUEIROZ, J. M. R. .; DE PAULA, T. O. M.; MARTINS, E. R. Fava-d'anta" (*Dimorphandra mollis* Benth.) phenology in the north of Minas Gerais State, Brazil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 10, n. 4, p. 18-28, 2008.

CHOI, Y. M.; YOON, H.; LEE, S.; YOON HYUN, D.; LEE, M. C.; OH, S.; RAUF, M. Characterization of Agro-morphological Traits of Tartary Buckwheat Germplasm Under Spring Cultivation and Analysis of Health-Related Primary Bioactive Components in Seeds by HPLC Method. **Journal of Plant Biology**, v. 64, n. 1, p. 87-98, 2021.

CUNHA, P. L. R. DA; PAULA, R. C. M. DE; FEITOSA, J. P. A. Polissacarídeos da biodiversidade brasileira: uma oportunidade de transformar conhecimento em valor econômico. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 649-660, 2009.

CUNHA, P. L.; VIEIRA, Í. G.; ARRIAGA, Â. M. C.; DE PAULA, R. C. M.; FEITOSA, J. P. A. Isolation and characterization of galactomannan from *Dimorphandra gardneriana* Tul. seeds as a potential guar gum substitute. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 3, p. 880-885, 2009.

CUNHA, P. L. R.; MATOS, M. Y. M.; FEITOSA, J. P. A.; STATE, C. **OBTENÇÃO DA GALACTOMANANA DA FAVA D' ANTA (*Dimorphandra gardneriana*): AVALIAÇÃO DE DOIS.** Anais do 9º Congresso Brasileiro de Polímeros. Anais, 2007.

DAS, J.; RAJPAR, I.; GANJEGUNTE, G. K. Industrial Crops & Products Evaluation of Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) genotypes performance under different irrigation water salinity levels: Growth parameters and seed yield. **Industrial Crops & Products**, v. 123, n. July, p. 247-253, 2018.

DEA, I.C.M.; MORRISON, A. Chemistry and interations of seed galactomannans. **Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry**, v. 31, p. 241-312, 1975.

DÔRES, R. G. R. das. **Análise morfológica e fitoquímica da fava d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.)**. 2007. 375 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

FENNEMA, O. R.; PARKIN, K. L.; DAMODARAN, S. **Química de Alimentos de Fennema**. Tradução Adriano Brandelli, 4ª Ed., Porto Alegre: Artmed. 2010.

FREITAS, V. L.O. de.; ALVES, T. H. S.; DE MELO FERREIRA LOPES, R.; DE LEMOSFILHO, E. J. P. Fruit and seed biometry and germination of *Dimorphandra mollis* Benth. and *Dimorphandra wilsonii* Rizz. (fabaceae - caesalpinioideae) seed. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, n. 81, p. 27-35, 2009.

GONÇALVES, A. C.; VIEIRA, F. de A.; REIS, C. A. F.; CARVALHO, D. de. Conservation of *Dimorphandra mollis* Benth. (FABACEAE) based on the genetic structure of natural populations. **Revista árvore**, v. 34, n. 1, p. 95-101, 2010.

GRESTA, F.; TROSTLE, C.; SORTINO, O.; SANTONOCETO, C.; AVOLA, G. Rhizobium inoculation and phosphate fertilization effects on productive and qualitative traits of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.). **Industrial Crops & Products**, v. 139, n. June, p. 111513, 2019.

HAMDANI, A. M.; WANI, I. A.; BHAT, N. A. Sources, structure, properties and health benefits of plant gums: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 135, p. 46-61, 2019.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ [2008]. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: **Instituto Adolfo Lutz**, 2008. 1020p.

JAMIR, K.; BADITHI, N.; VENUMADHAV, K.; SESHAGIRIRAO, K. Characterization and comparative studies of galactomannans from *Bauhinia vahlii*, *Delonix elata*, and *Peltophorum pterocarpum*. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 134, p. 498-506, 2019.

KOONES, H.F. Extraction of rutin. Depósito: 20 maio. 1947. Concessão:05 março. 1948. número de série 749.355.

LAVUDI, H. N.; KOTTAPALLI, S.; GOYCOOLEA, F. M. Extraction and physicochemical characterization of galactomannans from *Dichrostachys cinerea* seeds. **Food Hydrocolloids**, v. 82, p. 451-456, 2018.

LI, Q.; WANG, W.; JIA, H.; ZHANG, Y. Molecular structural properties of a polysaccharide isolated and purified from *Sophora japonica* pods and its relationship to their rheology. **International Journal of Food Properties**, v. 20, n. 11, p. 2844-2854, 2017.

LI, R.; TANG, N.; JIA, X.; NIRASAWA, S.; BIAN, X.; ZHANG, P.; CHENG, Y. Isolation, physical, structural characterization and in vitro prebiotic activity of a galactomannan extracted from endosperm splits of Chinese *Sesbania cannabina* seeds. **Int J Biol Macromol**, v. 162, p.1217-1226, 2020.

LIU, Y.; LEI, F.; HE, L.; XU, W.; JIANG, J. Physicochemical characterization of galactomannans extracted from seeds of *Gleditsia sinensis* Lam and fenugreek. Comparison with commercial guar gum. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 158, p. 1047-1054, 2020.

MACEDO, E. A. S.; MENDES, A. D. R.; QUEIROZ, J. M. R.; MARTINS, E. R. Influência da época de colheita, procedimento de secagem e parte do fruto no teor de flavonóides em fava d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth). **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, p. 1-5, 2004.

MONTEIRO, A.A.S. **Síntese, caracterização e aplicação de hidrogéis de fava-d'anta**. 86 f. 2009. Dissertação (Mestrado em Química Inorgânica) - Universidade Federal do Ceará. 2009.

MOURA NETO, E. de. **Síntese de nanopáticas da galactomanana da fava-d'anta (*Dimorphandra gardneriana*) modificada**. 2013. 147 f. Tese (Doutorado em Química) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

NEP, E. I.; CONWAY, B. R. Characterization of grewia gum, a potential pharmaceutical excipient. **Journal of Excipients and Food Chemicals**, v. 1, n. 1, p. 30-40, 2010.

NOBRE, K. A.; SOARES, C. E. A.; VIEIRA, Í. G. P.; DE ALMEIDA, R. R.; MOREIRA, R. D. A.; DE ARAÚJO, T. G.; RIBEIRO, M. E. N. P.; RICARDO, N. M. P. S. *Adenantha pavonina* galactomannan for controlled delivery of rutin-a preliminary study. **Quim. Nova**, v. 41, n. 6, p. 607-612, 2018.

PANEGASSI, V. R.; SERRA, G. E.; BUCKERIDGE, M. S. Potencial tecnológico do galactomanano de sementes de faveiro (*Dimorphandra mollis*) para uso na indústria de alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 3, 2000.

PATCHAIYAPPAN, A.; PRABAKARAN, M.; SARANGAPANY, S.; KUDUNGAL, H.; DEVIPRIYA, S. Cytotoxic and antioxidant activity of the polysaccharide isolated from the seeds of *Strychnos potatorum*, **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v.25, 2020.

PRADO, B. M.; KIM, S.; ÖZEN, B. F.; MAUER, L. J. Differentiation of Carbohydrate Gums and Mixtures Using Fourier Transform Infrared Spectroscopy and Chemometrics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 2823-2829, 2005.

PRAJAPATI, V. D.; JANI, G. K.; MORADIYA, N. G.; RANDERIA, N. P.; NAGAR, B. J.; NAIKWADI, N. N.; VARIYA, B. C. Galactomannan: A versatile biodegradable seed polysaccharide. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 60, p. 83-92, 1 set. 2013.

RASHID, F.; HUSSAIN, S.; AHMED, Z. Extraction purification and characterization of galactomannan from fenugreek for industrial utilization, **Carbohydrate Polymers**, v.180, p.88-95, 2018.

RAZAVI, S. M. A.; CUI, S. W.; GUO, Q.; DING, H. Some physicochemical properties of sage (*Salvia macrosiphon*) seed gum. **Food Hydrocolloids**, v. 35, p. 453-462, 2014.

SANTOS, E. A. M. **Obtenção de Rutina de *Dimorphandra* sp.: do Processamento dos Frutos à Obtenção de Extrato Enriquecido**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais. UFOP, 88 f. 2006.

SHARMA, P.; SHARMA, S.; RAMAKRISHNA, G.; SRIVASTAVA, H.; GAIKWAD, K. A comprehensive review on leguminous galactomannans: structural analysis, functional properties, biosynthesis process and industrial applications. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 0, n. 0, p. 1-24, 2020.

SILVA, P. A. D. da; SCARIOT, A. Phenology, biometric parameters and productivity of fruits of the palm *Butia capitata* (Mart.) Beccari in the Brazilian cerrado in the north of the state of Minas Gerais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 3, p. 580-589, jul. 2013.

SOUZA, H. A.; MULLER, L. A.; BRANDÃO, R. L.; LOVATO, M. B. Isolation of high quality and polysaccharide-free DNA from leaves of *Dimorphandra mollis* (Leguminosae), a tree from the Brazilian Cerrado. **Genetics and molecular research: GMR**, v. 11, n. 1, p. 756-764, 2012.

SUDRÉ, C. P.; RODRIGUES, R.; GONÇALVES, L. S. A.; MARTINS, E. R.; BENTO, C. dos S. Coleta, caracterização e divergência fenotípica de frutos de fava-d'anta. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 1-8, 2011.

SUN, M.; LI, Y.; WANG, T.; SUN, Y.; XU, X.; ZHANG, Z. Isolation, fine structure and morphology studies of galactomannan from endosperm of *Gleditsia japonica* var. delavayi, **Carbohydrate Polymers**, v. 184, p.127-134, 2018.

VENDRUSCOLO, C. W.; FERRERO, C.; PINEDA, E. A. G.; SILVEIRA, J. L. M.; FREITAS, R. A.; JIMÉNEZ-CASTELLANOS, M. R.; BRESOLIN, T. M. B. Physicochemical and mechanical characterization of galactomannan from *Mimosa scabrella*: Effect of drying method. **Carbohydrate Polymers**, v. 76, n. 1, p. 86-93, 2009.

VIEIRA, I. T. DO R. **Monitoramento de flavonoides totais e rutina em frutos de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis*, Benth.)**. 2018. PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL 39 f. 2018.

WANG, J.; SOMASUNDARAN, P. Study of galactomannose interaction with solids using AFM, IR and allied techniques. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 309, n. 2, p. 373-383, 2007.

ZHAI, K. F.; DUAN, H.; SHI, S. X.; LIU, L. L.; CAO, W. G.; GAO, G. Z.; SHAN, L. L. Synchronised determination of chlorogenic acid and five flavonoids in mulberry leaves using HPLC with photodiode array detection, **Quality Assurance and Safety of Crops & Foods** v.10, n.2, 2018.

#### **4.2 Artigo 2 - Sementes de fava-d'anta como fonte de gel para aplicação em frutos de banana em pós-colheita**

Elaborado conforme as normas do Programa de Mestrado em Produção Vegetal.



## RESUMO

A banana é um fruto climatérico, altamente perecível e suscetível a diversas doenças na pós-colheita. Os revestimentos comestíveis formam barreira que possibilita reduzir a perda de umidade, a migração de solutos para a cutícula e as trocas gasosas. Conseqüentemente, podem contribuir para preservar a qualidade da banana e aumentar a vida de prateleira. Muitos polímeros são utilizados na produção de revestimentos, tais como galactomananas, quitosanas, ceras, proteínas, amido e carragenina. As sementes de *Dimorphandra mollis* são ricas em galactomananas que formam gel em meio aquoso. Nos revestimentos podem ser incorporados óleos essenciais devido à atividade antimicrobiana. O óleo essencial da *Pimenta dioica* possui ação antioxidante e antimicrobiana, sendo utilizado na indústria de alimentos e farmacêutica. Assim, a formulação de revestimento de gel da galactomanana das sementes de *D. mollis*, juntamente com o óleo essencial das folhas da *P. dioica*, pode aumentar a vida de prateleira de bananas. O experimento foi realizado em esquema fatorial 5 x 4, sendo cinco períodos de avaliação, após a aplicação dos tratamentos (0, 5, 10, 15 e 20 dias) e quatro revestimentos (1- controle negativo com água; 2- controle positivo com fungicida Tiabendazol, na concentração de 0,65 mL L<sup>-1</sup>; 3- gel de *D. mollis*; e 4- gel de *D. mollis* + 0,4% (v/v) óleo essencial de *P. dioica*). O revestimento com gel de galactomanana das sementes de *D. mollis*, incorporado com óleo essencial da *P. dioica*, mostrou potencial para ser utilizado na conservação de frutos de banana cv. Prata, pois a maturação foi significativamente atrasada, em relação à cor dos frutos, firmeza, concentração de sólidos solúveis, pH e acidez total titulável.

**Palavras-Chave:** Revestimento comestível. *Dimorphandra mollis*. Galactomanana.

## ABSTRACT

Banana is a climacteric fruit, highly perishable and susceptible to several post-harvest diseases. Edible coatings form a barrier that makes it possible to reduce moisture loss, solute migration to the cuticle and gas exchange. Consequently, they can contribute to preserving the quality of the banana and extending its shelf life. Many polymers are used in the production of coatings, such as galactomannans, chitosans, waxes, proteins, starch and carrageenan. *Dimorphandra mollis* seeds are rich in galactomannans that form gel in an aqueous medium. In coatings can be incorporated essential oils due to their antimicrobial activity. The essential oil of Pepper dioic has antioxidant and antimicrobial action, being used in the food and pharmaceutical industry. Thus, the gel coating formulation of the galactomannan from the *D. mollis* seeds, together with the essential oil from the *P. dioic* leaves, can increase the shelf life of bananas. The experiment was carried out in a 5 x 4 factorial scheme, with five evaluation periods, after the application of treatments (0, 5, 10, 15 and 20 days) and four coatings (1- negative control with water; 2- positive control with Thiabendazole fungicide, at a concentration of 0.65 mL L<sup>-1</sup>; 3- *D. mollis* gel; and 4- *D. mollis* gel + 0.4% (v/v) *P. dioic* essential oil). The coating with galactomannan gel of the *D. mollis* seeds, incorporated with

*P. dioica* essential oil, showed potential to be used in the preservation of banana cv. Silver, because maturation was significantly delayed in relation to fruits color, firmness, soluble solids concentration, pH and total titratable acidity.

**Keywords:** Edible coating. *Dimorphandra mollis*. Galactomannan.

## Introdução

A banana é um dos frutos mais consumidos mundialmente. Nos anos de 2017-2019, as estimativas de produção foram de 116 milhões de toneladas e valor aproximado de US\$31 bilhões (FAO, 2020). É a oitava cultura alimentar mais importante do mundo e a quarta mais importante entre os países subdesenvolvidos (PLOETZ, 2015).

Banana madura passa de comercializável para não comercializável em um a três dias. Consequentemente, aumentar a vida útil dos frutos em alguns dias possibilita agregar valor comercial (AHMED; PALTA, 2016). Atualmente, não há nenhum produto comercial que permita estender a vida útil do fruto sem influenciar na cor da casca, aroma e sabor (THAKUR *et al.*, 2019).

A utilização de revestimentos comestíveis tem como objetivo prolongar a vida útil dos frutos (DWIVANY *et al.*, 2020b), por ser uma tecnologia simples, segura, sustentável e econômica (LI *et al.*, 2019). São produzidos com materiais biodegradáveis como proteínas, lipídios e polissacarídeos (SOLANO-DOBLADO; ALAMILLA-BELTRÁN; JIMÉNEZ-MARTÍNEZ, 2018).

As sementes da fava-d'anta são ricas em galactomananas, um tipo de polissacarídeo, não tóxico, com rendimento e qualidade tecnológica comparável com as gomas guar e locusta (PANEGASSI; SERRA; BUCKERIDGE, 2000).

A incorporação de óleos essenciais, em revestimentos comestíveis, aumenta a eficiência do revestimento, pela natureza química e ação antimicrobiana do óleo. Entretanto é um desafio o uso de óleos essenciais em razão da volatilidade, aroma forte e reatividade (YOUSUF; WU; SIDDIQUI, 2021). O óleo essencial das folhas de *Pimenta dioica* apresenta atividade antioxidante, antimicrobiana (MURALI *et al.*, 2020), antifúngica (KIM *et al.*, 2016; ZABKA; PAVELA; SLEZAKOVA, 2009), sendo utilizado na indústria farmacêutica e alimentícia (RAO; NAVINCHANDRA; JAYAVEERA, 2012).

Desta forma, a incorporação do óleo essencial da *P. dioica* no gel da galactomanana das sementes de *D. mollis* pode atuar como formulação de revestimento com ação antimicrobiana e potencial de estender a vida útil da banana. Assim, o objetivo do trabalho foi produzir um revestimento comestível com o gel formado pelas galactomananas presentes nas sementes de *D. mollis* com óleo essencial da *P. dioica* para prolongar a vida de prateleira de banana e avaliar o efeito do revestimento nas características físico-químicas do fruto em pós-colheita.

## Material e métodos

O experimento foi realizado no delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 4, com três repetições, sendo cinco períodos de avaliação, após a aplicação dos tratamentos (0, 5, 10, 15 e 20 dias) e quatro revestimentos (1- controle negativo com água; 2- controle positivo com fungicida Tiabendazol, na concentração de 0,65 mL L<sup>-1</sup>; 3- gel de *D. mollis*; e 4- gel de *D. mollis* + 0,4% (v/v) óleo essencial de *P. dioica*). Cada unidade experimental consistiu num buquê de frutos de banana com três unidades.

Frutos da variedade Prata foram colhidos em pomar comercial localizado no distrito de Nova Esperança, Montes Claros, MG. Os frutos foram selecionados de maneira uniforme em relação ao tamanho, estágio de maturação e ausência de injúrias. Eles foram despencados em buquês, lavados com detergente (2 ml L<sup>-1</sup>), seguido de sanitização com hipoclorito de sódio 1% (v/v) e secagem em temperatura ambiente (25 ± 2 °C).

### **Revestimentos**

As folhas da *Pimenta dioica* foram colhidas no horto medicinal do ICA/UFMG, sendo que o óleo essencial foi extraído pelo método de arraste a vapor. As sementes de *Dimorphandra mollis* foram provenientes de frutos da região de Bonito de Minas (comunidade Água Doce). O experimento foi realizado no laboratório de Plantas Medicinais da UFMG.

As sementes de *D. mollis* foram trituradas, em moinho de facas, (marca Tecnal, modelo macro tipo willye R-TE-650/1, Brasil), preparou-se solução com 4% das sementes em água destilada. A solução foi aquecida a 60 °C sob agitação constante, durante 25 min e filtrada, em seguida, em tecido de cetim. O gel filtrado foi dividido, para dois tratamentos, sem e com a presença de 0,4% de óleo essencial de *P. dioica*.

O óleo essencial foi diluído em tween 20 (11 ml L<sup>-1</sup>), em seguida, adicionado ao gel à temperatura ambiente. O gel com óleo essencial foi agitado em banho ultrassônico 40 kHz (marca: Sanders, modelo: Soniclean 6, Brasil), durante 5 minutos, misturado em liquidificador durante 3 min e novamente homogeneizado no banho ultrassônico (5 min).

### **Aplicação dos revestimentos**

Os buquês com três frutos foram mergulhados nos revestimentos e nos tratamentos controle, durante 2,5 min, mantidos em temperatura ambiente, para secagem e, após a secagem, o procedimento de imersão foi repetido por mais uma vez. Em seguida, amarrou-se o pedúnculo dos frutos com barbante, os quais foram pendurados em varal, mantendo-se distância de aproximadamente 5 cm entre os buquês. Os frutos foram armazenados em temperatura ambiente ~ 25 ± 6 °C, durante 20 dias. Durante o armazenamento, de 5 em 5 dias foram realizadas análises físico-químicas para avaliar os tratamentos.

### **Análises Físico-químicas**

**a) Perda de massa fisiológica**

Foi realizada em balança analítica com quatro casas decimais conforme método descrito por BOTELHO *et al.* (2016).

**b) Cor**

A evolução da coloração dos frutos, ao longo do armazenamento, foi avaliada visualmente, atribuindo notas, segundo a escala de cor de Von Loesecke: 1 (totalmente verde); 2 (verde com traços amarelos); 3 (mais verde que amarelo); 4 (mais amarela que verde); 5 (amarela com ponta verde); 6 (amarela) e 7 (amarela com áreas marrons) (PBMH; PIF, 2006).

**c) Firmeza**

Determinou-se a firmeza da banana com casca e sem casca, utilizando penetrômetro digital (Marca: Instrutherm, Modelo: PTR 300, Brasil), com a sonda de 3 mm e os valores obtidos em Newton.

**d) Sólidos Solúveis Totais (°Brix)**

Amostra (~10g) da polpa da banana foi amassada e centrifugada a 2.500 rpm/20 min (Marca: *Centribio*, modelo 80-2b, Brasil). O sobrenadante foi colocado em refratômetro manual com escala variando de 0 a 32% Brix (EMBRAPA, 2004).

**e) pH e Acidez Total Titulável**

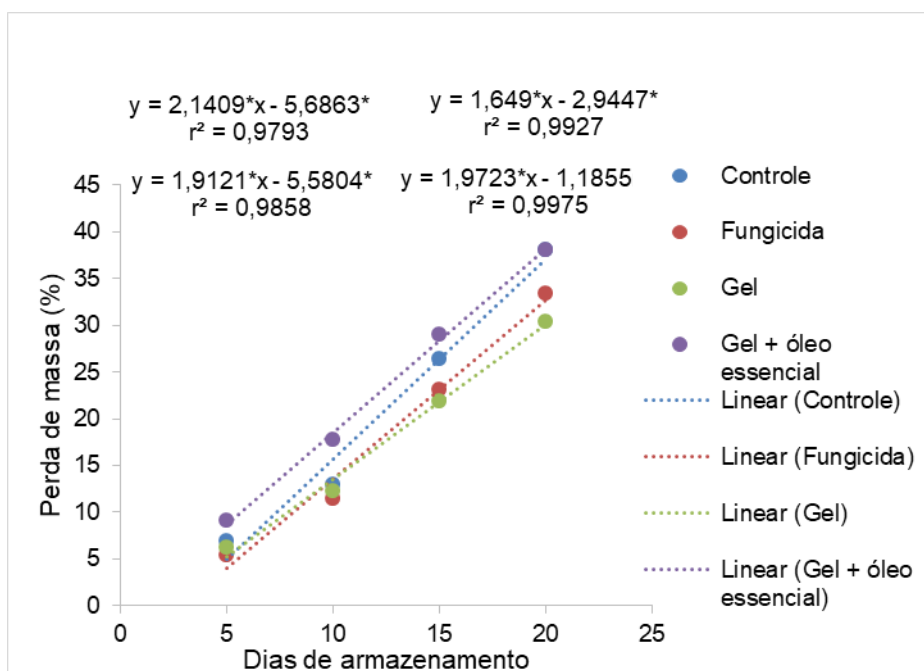
Amostra do fruto (5 g) foi macerada e diluída em 50 mL de água destilada, e o pH foi medido em medidor de pH (Ms Tecnoyon, Brasil). A mistura foi titulada com solução de NaOH padronizada a 0,1M, com três gotas do indicador fenolftaleína a 1% (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

**Análise estatística**

Os dados foram submetidos à análise de variância no software R, e as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey a nível de 5% de significância.

**Resultados e discussão****Perda de massa**

A perda de massa fresca nas bananas cv. Prata foi influenciada pelos tipos de revestimentos pós-colheita e pelo tempo de armazenamento; observou-se comportamento linear entre os tratamentos (FIGURA 1). O parâmetro de perda de massa é considerado o principal fator que influencia na qualidade pós-colheita e na vida de prateleira da banana (MAQBOOL *et al.*, 2011b).



**Figura 1** – Perda de massa (%) em banana “Prata”, durante 20 dias de armazenamento, em temperatura ambiente ( $\sim 25 \pm 6$  °C), submetida a quatro tratamentos em pós-colheita: água (controle); fungicida; gel de galactomananas de *Dimorphandra mollis*; gel de galactomananas de *Dimorphandra mollis* + óleo essencial de *Pimenta dioica*.

Fonte: Da autora, 2021.

O revestimento de gel foi o mais eficiente na conservação da banana, durante o armazenamento, pois apresentou menor perda de massa no 20° dia (30,43 %), enquanto, na banana não revestida, a perda de massa foi de 38,06%, sendo que, nos frutos com o fungicida, a perda de massa foi de 33,33%, sendo estaticamente diferentes entre si ( $p \leq 0,05$ ).

No 10° dia de armazenamento, nos frutos com revestimento de gel com óleo essencial de *P. dioica*, a perda de massa foi de 17,7% enquanto, nos frutos não revestidos, a perda de massa foi de 12,93%. E, no 20° dia de armazenamento, em temperatura ambiente, a perda de massa foi similar ao tratamento com os frutos não revestidos 38,11%. Portanto o revestimento de gel com óleo essencial de *P. dioica* não foi eficiente no controle da perda de massa.

Pesquisas mostram que a menor perda de massa nos frutos ocorre em revestimentos com óleos essenciais, pois o óleo é hidrofóbico e normalmente fornece proteção contra a perda de massa (SÁNCHEZ-GONZÁLEZ *et al.*, 2011). No presente estudo, a adição do óleo essencial de *P. dioica* no gel aumentou a perda de massa, em comparação com o tratamento de gel.

Os autores Vilaplana; Pazmiño; Valencia-Chamorro (2018) utilizaram óleo de tomilho na pós-colheita de banana, os tratamentos com concentrações maiores que  $500 \mu\text{L L}^{-1}$  de óleo essencial provocaram maior perda de massa em relação ao tratamento controle.

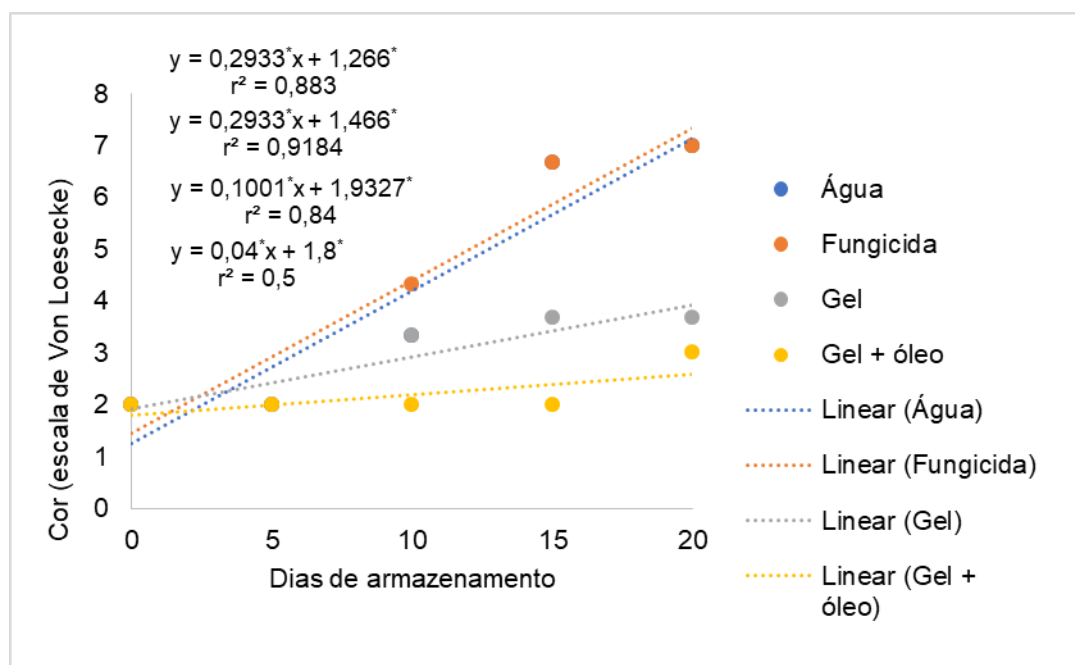
## Cor

Os revestimentos de gel e 0,4% de óleo essencial + gel resultaram na lenta e menor degradação da clorofila, na casca das bananas, entre os tratamentos de revestimentos analisados, pois conservaram a cor verde da banana por maior tempo em relação aos outros tratamentos. O

tratamento com fungicida e o tratamento controle negativo (água) tiveram comportamento linear semelhante (FIGURA 2). No 20<sup>a</sup> dia de armazenamento em temperatura ambiente, os tratamentos gel e gel + óleo essencial apresentaram a coloração predominante mais verde que amarelo (escala de Von Loesecke), enquanto os frutos revestidos com fungicida e o tratamento controle (água) apresentaram coloração amarela com áreas marrons.

Bananas revestidas com quitosana, goma arábica e óxido de zinco, armazenadas em temperatura de 35 °C, durante 17 dias, apresentaram coloração predominante mais amarela que verde, e as bananas não revestidas apresentaram partes apodrecidas, com a coloração amarela com áreas marrons (LA *et al.*, 2021). Bananas com revestimentos à base de proteína de soja, com cinamaldeído e nanopartícula de óxido de zinco, conservaram a coloração, ao longo do armazenamento, em relação aos tratamentos não revestidos (LI *et al.*, 2019).

A cor e a aparência visual do fruto são características que influenciam na percepção da qualidade para o consumidor. A combinação de revestimento e óleo essencial permite retardar as mudanças na cor dos frutos (YOUSUF; WU; SIDDIQUI, 2021).



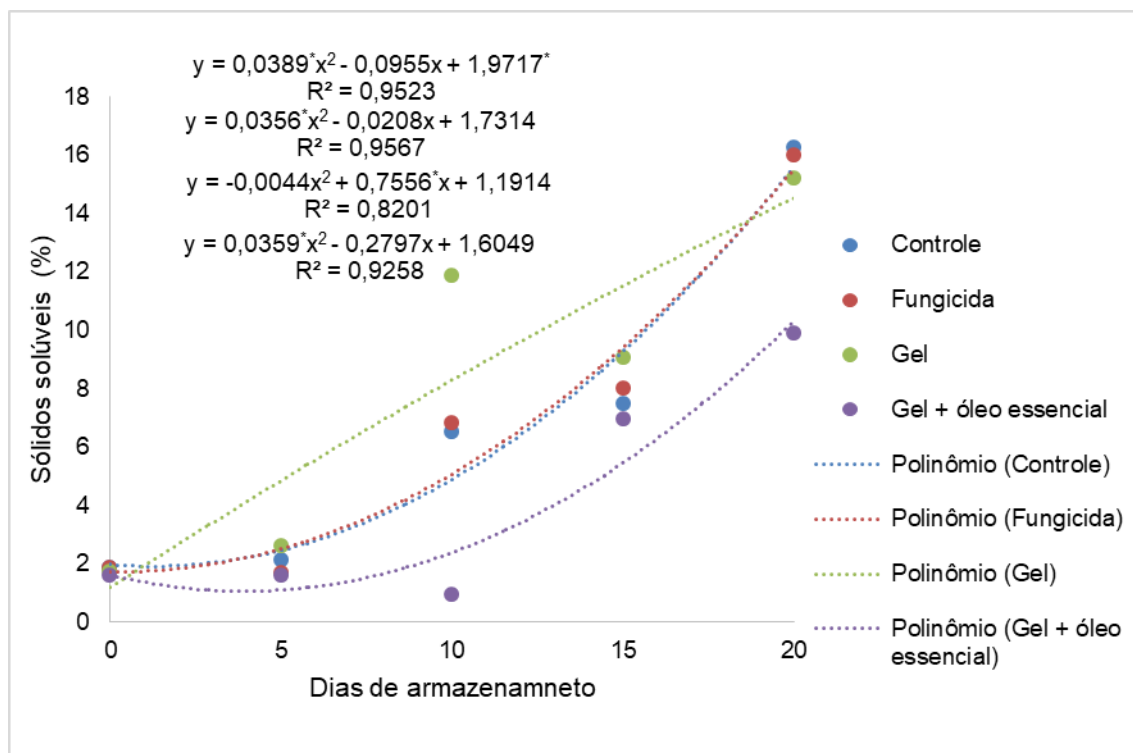
**Figura 2** – Avaliação da maturação de banana “Prata”, em temperatura ambiente ( $\sim 25 \pm 6$  °C), conforme escala de VON LOESECKE submetida a quatro tratamentos em pós-colheita: água (controle); fungicida; gel de galactomananas de *Dimorphandra mollis*; gel de galactomananas de *Dimorphandra mollis* + óleo essencial de *Pimenta dioica*.

Fonte: Da autora, 2021.

### Sólidos Solúveis Totais

Durante o amadurecimento ocorrem diversas reações bioquímicas, sendo que os ácidos orgânicos diminuem, enquanto o teor de açúcar aumenta, o que promove o sabor adocicado da banana (SARDUNI *et al.*, 2020). Assim, o teor de sólidos solúveis (°Brix) foi maior no 20<sup>o</sup> dia de armazenamento. Foi observado aumento do °Brix, no início do armazenamento, seguido de diminuição e aumento (FIGURA 3). Tal comportamento foi reportado na literatura pelos autores

(DWIVANY *et al.*, 2020a; GOMES *et al.*, 2017; LUSTRIANE *et al.*, 2018), entretanto não foi explicado o fenômeno.



**Figura 3** – Avaliação dos Sólidos Solúveis Totais em banana “Prata”, durante o armazenamento, em temperatura ambiente ( $\sim 25 \pm 6$  °C), submetida a quatro tratamentos em pós-colheita: água (controle); fungicida; gel de galactomananas de *Dimorphandra mollis*; gel de galactomananas de *Dimorphandra mollis* + óleo essencial de *Pimenta dioica*.

Fonte: Da autora, 2021.

No 20° dia de armazenamento, o °brix dos tratamentos controle, fungicida, gel foram, respectivamente: 16,27%, 16,00% e 15,20%. O revestimento com gel + óleo essencial foi o mais eficiente, para retardar o amadurecimento, em relação ao °Brix, pois apresentou menor valor (9,87%), ( $p \leq 0,05$ ).

O menor °Brix nos frutos revestidos provavelmente ocorreu devido às atividades metabólicas mais lentas e menor troca gasosa dos frutos revestidos (THAKUR *et al.*, 2019). Resultados semelhantes no aumento mais lento do °Brix foram observados pelos autores (MAQBOOL *et al.*, 2011a; SARDUNI *et al.*, 2020; SORADECH *et al.*, 2017; THAKUR *et al.*, 2019).

### Acidez titulável e pH

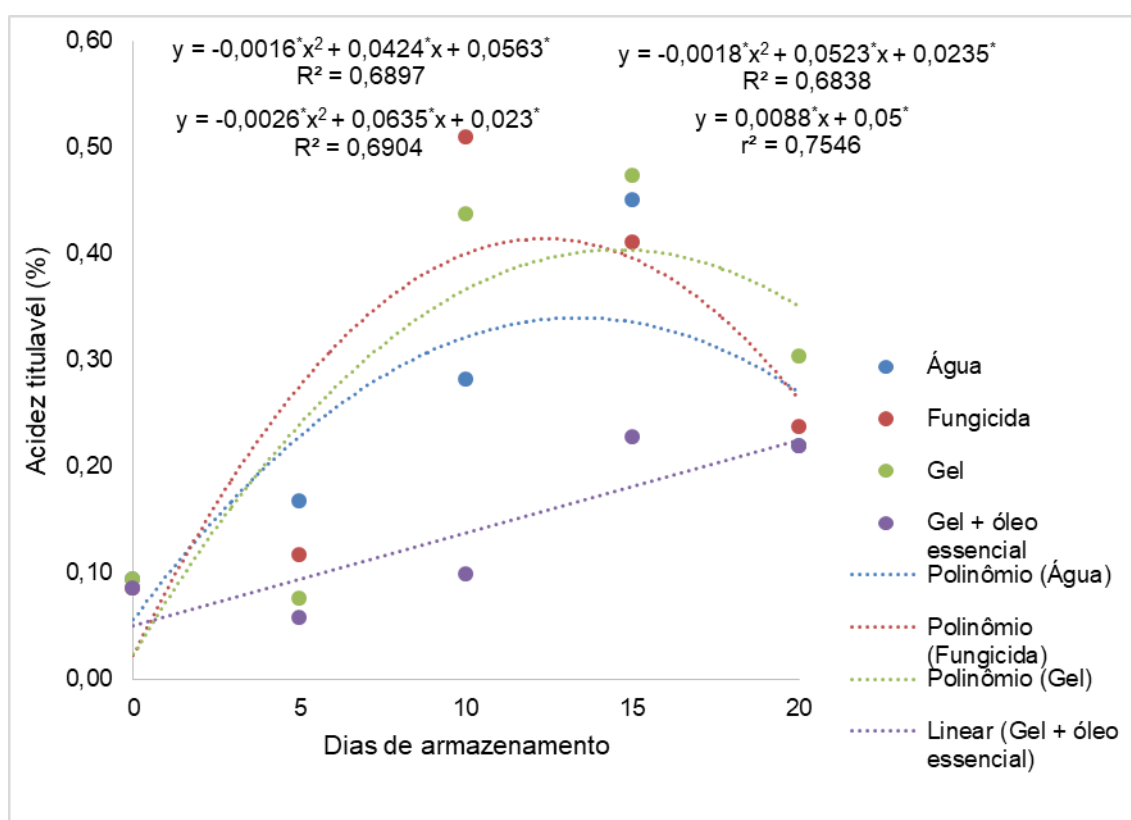
A acidez titulável é um indicador de qualidade para avaliar a eficiência do revestimento no prolongamento da vida de prateleira da banana e também indica a taxa de respiração no fruto (XU; QIN; REN, 2018). O ácido málico é o principal ácido orgânico do fruto maduro (MAQBOOL *et al.*, 2011a).

Ocorreu aumento da acidez até o 15° dia e depois ocorreu diminuição na acidez, durante o período de avaliação (FIGURA 4), resultados semelhantes foram obtidos em diversos estudos (SARMENTO *et al.*, 2015; VILAPLANA; PAZMIÑO; VALENCIA-CHAMORRO, 2018). O aumento na

acidez titulável, no período inicial de armazenamento, é em função do aumento da atividade das enzimas malato sintase e da fosfoenolpiruvato carboxilase (JOHN; MARCHAL, 1995).

No 15º dia de armazenamento, a acidez no tratamento controle, fungicida e gel foram, respectivamente: 0,45%, 0,41% e 0,47%. O revestimento de gel + óleo essencial apresentou menor acidez titulável (0,23%). Isso indica que o revestimento conseguiu atrasar o processo de amadurecimento (MAQBOOL *et al.*, 2011b). Entretanto, no 20º dia de armazenamento, não houve diferença significativa entre os tratamentos ( $p \leq 0,05$ ).

Thakur *et al.* (2019) produziram revestimento de amido de arroz e carragenina, combinado com éster de sacarose, para banana, sendo que os frutos revestidos também apresentaram menor acidez titulável (0,25%). A acidez titulável também foi menor nos frutos revestidos com goma arábica e óleos essenciais de capim-limão (0,05%), óleo de canela (0,4%), sendo, respectivamente, 0,20% e 0,21% (MAQBOOL *et al.*, 2011a).

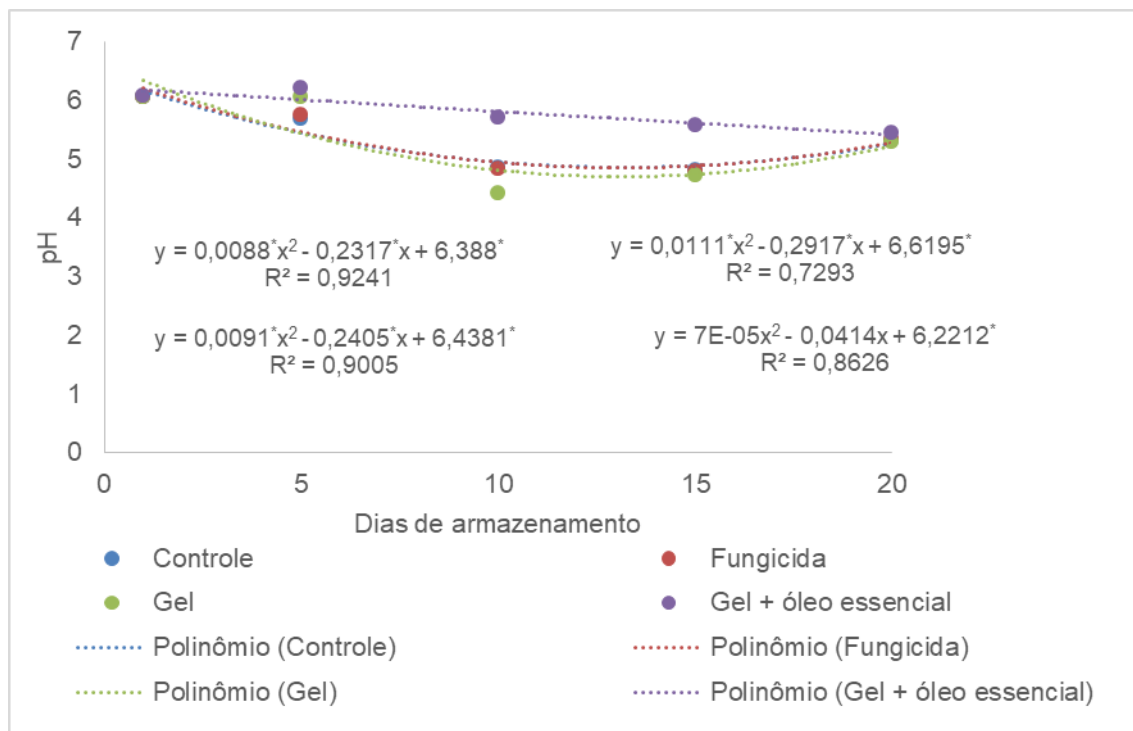


**Figura 4** – Ácido málico (%), em banana “Prata”, durante o armazenamento, em temperatura ambiente ( $\sim 25 \pm 6$  °C), submetida a quatro tratamentos em pós-colheita: água (controle); fungicida; gel de galactomananas de *Dimorphandra mollis*; gel de galactomananas de *Dimorphandra mollis* + óleo essencial de *Pimenta dioica*.

Fonte: Da autora, 2021.

O pH da polpa dos frutos, durante os 20 dias de armazenamento, alterou em função do tratamento e tempo (FIGURA 5). Nos tratamentos controle, fungicida e gel, o pH diminuiu até o 15º dia e depois aumentou. No revestimento gel + óleo, houve aumento no pH do 1º até o 5º dia de armazenamento, seguido de diminuição do 5º até o 20º dia. A diminuição e o aumento do pH estão relacionados à produção de ácidos orgânicos e consumo durante o processo respiratório (MEIRELLES *et al.*, 2010).





**Figura 5** – Avaliação do pH, em banana “Prata”, durante o armazenamento, em temperatura ambiente ( $\sim 25 \pm 6 \text{ }^\circ\text{C}$ ), submetida a quatro tratamentos em pós-colheita: água (controle); fungicida; gel de galactomananas de *Dimorphandra mollis*; gel de galactomananas de *Dimorphandra mollis* + óleo essencial de *Pimenta dioica*.

Fonte: Da autora, 2021.

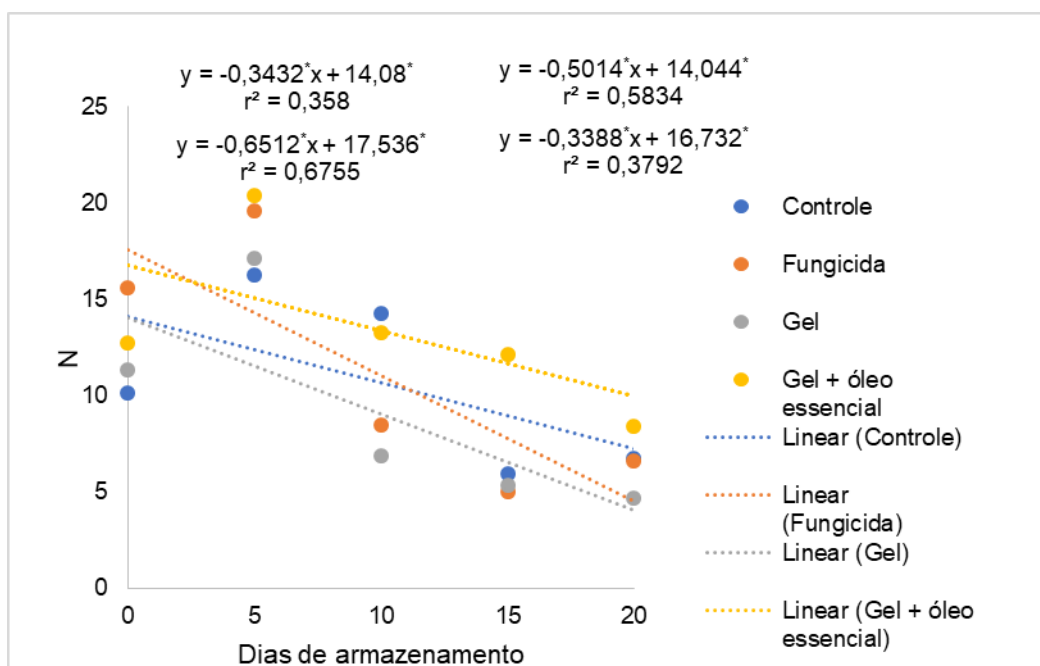
O efeito dos tratamentos e do tempo de armazenamento foram significativos ( $p \leq 0,05$ ), no pH da polpa da banana no 10º e 15º dia de armazenamento, sendo que o pH mais alto foi encontrado no revestimento de gel + óleo essencial, a acidez titulável também foi menor. Os valores de pH do tratamento controle foram semelhantes, em relação ao observado por Sousa, Feitosa e Figueirêdo (2018), no tratamento controle no 9º dia de vida útil.

### Firmeza

Durante os 20 dias de armazenamento, os valores da firmeza da polpa dos frutos apresentaram comportamento linear e diminuíram significativamente com o avanço da maturação (FIGURA 6). O tratamento gel + óleo foi o mais eficiente e apresentou firmeza superior ao 15º dia, em comparação com os outros tratamentos, entretanto, no 20º dia de armazenamento, não houve diferença significativa na firmeza entre os tratamentos.

Os autores Vilaplana; Pazmiño; Valencia-Chamorro (2018) avaliaram a firmeza de frutos revestidos com óleo essencial de tomilho, sendo que a presença do óleo essencial implicou maior firmeza em relação ao fruto sem o revestimento. Contudo o óleo essencial em alta concentração diminui a firmeza, como relatado por Bambace; Alvarez; Moreira (2019), observaram maçã com revestimento de óleo essencial de gerânio que promoveu menor firmeza em relação ao tratamento controle.

A firmeza da polpa é aspecto que influencia na qualidade dos frutos; durante o amadurecimento, ocorrem alterações na parede celular, em virtude das diversas reações bioquímicas, a exemplo da degradação do amido e dos polissacarídeos insolúveis que provocam o amolecimento do fruto, o que aumenta a perecibilidade (MADUWANTHI; MARAPANA, 2017).



**Figura 6** – Firmeza da polpa de banana “Prata”, durante o armazenamento, em temperatura ambiente ( $\sim 25 \pm 6$  °C), submetida a quatro tratamentos em pós-colheita: água (controle); fungicida; gel de galactomananas de *Dimorphandra mollis*; gel de galactomananas de *Dimorphandra mollis* + óleo essencial de *Pimenta dioica*.

Fonte: Da autora, 2021.

## Conclusão

O revestimento composto de gel de *D. mollis* associado ao óleo essencial da *Pimenta dioica* apresentou potencial para a aplicação na conservação de frutos de banana cv. Prata, visto que a maturação foi significativamente atrasada, em termos de cor dos frutos, concentração de sólidos solúveis, pH, acidez titulável e firmeza.

## REFERÊNCIAS

AHMED, Z. F. R.; PALTA, J. P. Postharvest dip treatment with a natural lysophospholipid plus soy lecithin extended the shelf life of banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 113, p. 58-65, 2016.

BAMBACE, M. F.; ALVAREZ, M. V.; MOREIRA, M. R. Prebiotic edible coatings with biopreservatives: Quality and safety of fresh apple cubes. **Journal of Food Process Engineering**, v. 42, n. 2, p. 1-10, 2019.

BOTELHO, L. N. S.; ROCHA, D. A.; BRAGA, M. A.; SILVA, A.; DE ABREU, C. M. P. Quality of guava cv. ‘Pedro Sato’ treated with cassava starch and cinnamon essential oil. **Scientia Horticulturae**, v. 209, p. 214-220, 2016.

DWIVANY, F. M.; APRILYANDI, A. N.; SUENDO, V.; SUKRIANDI, N. Carrageenan edible coating application prolongs Cavendish banana shelf life. **International Journal of Food Science**, v. 2020, 2020a.

DWIVANY, F.M.; NUGRAHAPRAJA, H.; FUKUSAKI, E.; PRAMA, S.; NOVIANTI, C.; KUSUMA, S.; FAUZIAH, T.; NIRMALA, D. Dataset of Cavendish banana transcriptome in response to chitosan coating application. **Data in brief**, v. 29, p. 0-5, 2020b.

EMBRAPA. **Metodologia para Avaliação de Sólidos Solúveis Totais e Acidez Total Titulável de Banana**. Cruz das Almas, Bahia. 2004.

FAO. Banana market review (February 2020 snapshot). n. February, p. 1-4, 2020.

GOMES, M. de S.; CARDOSO, M. das G.; GUIMARÃES, A. C. G.; GUERREIRO, A. C.; GAGO, C. M. L.; VILAS BOAS, E. V. de B.; DIAS, C. M. B.; MANHITA, A. C. C.; FALEIRO, M. L.; MIGUEL, M. G. C.; ANTUNES, M. D. C. Effect of edible coatings with essential oils on the quality of red raspberries over shelf-life. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 3, p. 929-938, 2017.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ [2008]. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

JOHN, P.; MARCHAL, J. Ripening and biochemistry of the fruit. Bananas and Plantains. In: Gowen S. (eds) Bananas and Plantains. World Crop Series. **Springer**, Netherlands, p. 434-467, 1995.

KIM, E.; OH, C. S.; KOH, S. H.; KIM, H. S.; KANG, K. S.; PARK, P. S.; JANG, M. J.; LEE, H. R.; PARK, I. K. Antifungal activities after vaporization of ajowan (*Trachyspermum ammi*) and allspice (*Pimenta dioica*) essential oils and blends of their constituents against three *Aspergillus* species. **Journal of Essential Oil Research**, v. 28, n. 3, p. 252-259, 2016.

LA, D. D.; NGUYEN-TRI, P.; LE, K. H.; NGUYEN, P. T. M.; NGUYEN, M. D. B.; VO, A. T. K.; NGUYEN, M. T. H.; CHANG, S. W.; TRAN, L. D.; CHUNG, W. J.; NGUYEN, D. D. Effects of antibacterial ZnO nanoparticles on the performance of a chitosan/gum arabic edible coating for post-harvest banana preservation. **Progress in Organic Coatings**, v. 151, n. 1060572, p. 1-9, 2021.

LI, J.; SUN, Q.; SUN, Y.; CHEN, B.; WU, X.; LE, T. Improvement of banana postharvest quality using a novel soybean protein isolate/cinnamaldehyde/zinc oxide bionanocomposite coating strategy. **Scientia Horticulturae**, v. 258, n. 108786, p. 1-9, 2019.

LUSTRIANE, C.; DWIVANY, F. M.; SUENDO, V.; REZA, M. Effect of chitosan and chitosan-nanoparticles on post harvest quality of banana fruits. **Journal of Plant Biotechnology**, v. 45, n. 1, p. 36-44, 2018.

MADUWANTHI, S.; MARAPANA, R. Biochemical changes during ripening of banana: A review. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v. 2, n. 5, p.166-169, 2017.

MAQBOOL, M.; ALI, A.; ALDERSON, P. G.; TENGGU, M.; MOHAMED, M.; SIDDIQUI, Y.; ZAHID, N. Postharvest Biology and Technology Postharvest application of gum arabic and essential oils for controlling anthracnose and quality of banana and papaya during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 62, n. 1, p. 71-76, 2011a.

MAQBOOL, M.; ALI, A.; ALDERSON, P. G.; ZAHID, N.; SIDDIQUI, Y. Effect of a novel edible composite coating based on gum arabic and chitosan on biochemical and physiological responses of banana fruits during cold storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 10, p. 5474-5482, 2011b.

MEIRELLES, R.; PIMENTEL, D. E. A.; GUIMARÃES, F. N.; MOREIRA, V.; SANTOS, D. O. S.; CARLOS, J.; RESENDE, F. D. E. Qualidade pós-colheita dos genótipos de banana pa42-44 e prata-anã cultivados no Norte de Minas Gerais. **Rev. Bras. Frutic.** v. 32, n. 2, p. 407-413, 2010.

MURALI, V. S.; DEVI, V. N.M.; PARVATHY, P.; MURUGAN, M. Phytochemical screening, FTIR spectral analysis, antioxidant and antibacterial activity of leaf extract of *Pimenta dioica* Linn. **Materials Today: Proceedings**, v. 45, p. 2166-2170, 2020.

PANEGASSI, V. R.; SERRA, G. E.; BUCKERIDGE, M. S. Potencial tecnológico do galactomanano de sementes de feveiro (*Dimorphandra mollis*) para uso na indústria de alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 3, 2000.

PBMH; PIF - **Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura & Produção Integrada de Frutas**. Normas de Classificação de Banana. n.29, São Paulo: CEAGESP, 2002.

PLOETZ, R. C. Management of *Fusarium wilt* of banana: A review with special reference to tropical race 4. **Crop Protection**, v. 73, p. 7-15, 2015.

RAO, P. S.; NAVINCHANDRA, S.; JAYAVEERA, K. N. An important spice, *Pimenta dioica* (Linn.) Merrill: A Review. **International Current Pharmaceutical Journal**, v.1, n.8, 2012.

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L.; CHIRALT, A.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C.; CHÁFER, M. Effect of essential oils on properties of film forming emulsions and films based on hydroxypropyl methylcellulose and chitosan. **Journal of Food Engineering**, v. 105, n. 2, p. 246-253, 2011.

SARDUNI, F. F. F.; HANAFI, S. N.; IBRAHIM, S. F.; SHAHARUDDIN, S. Effect of pectin concentration on edible coated-Musa acuminate cv Berangan quality, **Materials Today: Proceedings**, v.31, p. 166-170, 2020.

SARMENTO, D.H.A.; SOUZA, P. A. de.; SARMENTO, J.D.A.; FREITAS, R.V.da.S.; FILHO, M.S. Armazenamento de banana "Prata Catarina" sob temperatura ambiente recobertas com fécula de mandioca e PVC. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 235-241, 2015.

SOLANO-DOBLADO, L. G.; ALAMILLA-BELTRÁN, L.; JIMÉNEZ-MARTÍNEZ, C. Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. **TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas**, v. 21, p. 30, 2018.

SORADECH, S.; NUNTHANID, J.; LIMMATVAPIRAT, S.; LUANGTANA-ANAN, M. Utilization of shellac and gelatin composite film for coating to extend the shelf life of banana. **Food Control**, v. 73, p. 1310-1317, 2017.

SOUSA, S. D. F.; FEITOSA, R. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. DE. Aplicação de diferentes revestimentos na conservação pós-colheita da banana cv. Prata. **Nativa**, v. 6, n. 6, p. 563, 2018.

THAKUR, R.; PRISTIJONO, P.; BOWYER, M.; SINGH, S. P.; SCARLETT, C. J.; STATHOPOULOS, C. E.; VUONG, Q. V. A starch edible surface coating delays banana fruit ripening. **LWT - Food Science and Technology**, v. 100, n. August 2018, p. 341-347, 2019.

VILAPLANA, R.; PAZMIÑO, L.; VALENCIA-CHAMORRO, S. Control of anthracnose, caused by *Colletotrichum musae*, on postharvest organic banana by thyme oil. **Postharvest Biology and Technology**, v. 138, p. 56-63, 2018.

XU, D.; QIN, H.; REN, D. Prolonged preservation of tangerine fruits using chitosan/montmorillonite composite coating. **Postharvest Biology and Technology**, v. 143, n. 1, p. 50-57, 2018.

YOUSUF, B.; WU, S.; SIDDIQUI, M. W. Incorporating essential oils or compounds derived thereof into edible coatings: Effect on quality and shelf life of fresh/fresh-cut produce. **Trends in Food Science and Technology**, v. 108, p. 245-257, 2021.

ZABKA, M.; PAVELA, R.; SLEZAKOVA, L. Antifungal effect of *Pimenta dioica* essential oil against dangerous pathogenic and toxinogenic fungi. **Industrial Crops and Products**, v. 30, n. 2, p. 250-253, 2009.